5/85
35. Jahrgang
Juli 1985
S. 97–120
Verlagspostamt Berlin
Heftpreis 2,20 M



VEB VERLAG FÜR BAUWESEN BERLIN

Wasserwirtschaft · Wassertechnik

wwt

Dokumentation

Der Analysenautomat ADM 300 mit mikrorechnergesteuerter Auswerteeinheit AE 2–2
Müller, A.; Eulenberg, H.; Kopprasch, W.
In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **35** (1985) 5, S. 98–99
Die moderne Analysenmeßtechnik, wie z. B. der Durchflußanalysenautomat ADM 300, steigert die Arbeitsproduktivität auch in den Laboratorien der Wasserwirtschaft. Mit Hilfe eines automatisierten Meßgerätes (Photometer) mit Mikrorechner im on-line-Betrieb werden chemische Nachweise und Tests durchgeführt. Anhand von Einsatzfällen wird der Nutzeffekt erläutert. Die Weiterentwicklung von Nachweismethoden und Programmen erfolgte in Forschungskooperation zwischen dem VEB MLW PGW Medingen und dem Institut für Wasserwirtschaft.

Zur Fehlerabschätzung bei der Durchflußmessung an Oberflächengewässern mittels eines akustischen Strömungsmessers
Gätke, J. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **35** (1985) 5, S. 100–102
Im Hinblick auf den Einsatz akustischer Strömungsmesser für die Durchflußbestimmung an Oberflächengewässern werden aus der Annahme typischer Profilverläufe und der Kenntnis des Verhaltens einer akustischen Meßstrecke in einem inhomogenen Strömungsfeld die Fehler betrachtet, die als systematische Fehler in Erscheinung treten. Diese Überlegungen sind in ähnlicher Weise auf hydrometrische Flügel und Strömungsmesser, für die sich eine Meßstrecke definieren läßt, zu übertragen.

Rechnereinsatz zur Lösung von Aufgaben des technischen Küstenschutzes
Wiemer, R.; Schefter, S. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **35** (1985) 5, S. 102–104
Der Umfang des zu bearbeitenden Datenmaterials sowie aufwendige Berechnungsmethoden erfordern auch im Küstenwasserbau den Einsatz von EDV-Anlagen. Mit der Ermittlung von Parametern des Tief- und Flachwasserseeganges dienen die Programme der Vorbereitung und Planung von Küstenschutzmaßnahmen. Für besonders stark zurückgehende Küstenabschnitte konnten in nächster Zeit zu realisierende Maßnahmen vorgeschlagen werden.

Analyse eines Strömungs- und Stofftransportszenariums für ein Oberflächengewässersystem unter Verwendung des generalisierten Programmpakets GRABEN & GRAPH
Baumert, H.; Frotscher, D.; Glos, E.; Schmidt, H. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **35** (1985) 5, S. 106–107
Steuerstrategien für den Durchfluß zur Lenkung von Schadstoffwolken in Gewässernetzwerken lassen sich mit dem Programmpaket GRABEN & GRAPH simulieren. Anhand eines ausgewählten Beispiels werden Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen des Pakets verdeutlicht. Es erweist sich als geeignet, komplizierte Fragen des Strömungs- und Stofftransportgeschehens, wie sie z. B. bei der Planung wasserbaulicher Maßnahmen oder operativer Systeme entstehen, zu beantworten. Besonders im Dialogverfahren am Bildschirm lassen sich die Bearbeitungszeiten erheblich verkürzen.

Mathematische Modellierung von Schadstoffwellen in Fließgewässern
Nejedly, A. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **35** (1985) 5, S. 109–111
Grundsätzlichem zur Messung des Längsdispersionsprozesses in Flüssen und zur mathematischen Modellierung von Schadstoffwellen in der ČSSR folgen einfache Gleichungen zur Identifizierung eines Modells. Es werden einige Grundsätze angeführt, die sowohl bei der Messung von natürlichen als auch von künstlichen Stoffwellen eingehalten werden sollen. Die Art der Bearbeitung von Ergebnissen der Feldmessungen und die daraus abgeleitete Bestimmung von Parametern des Modells werden beschrieben. Abschließend sind Möglichkeiten der praktischen Anwendung des Modells sowie ein einfaches Verfahren zu dessen Verifikation angedeutet.

Redaktionsbeirat:

Содержание

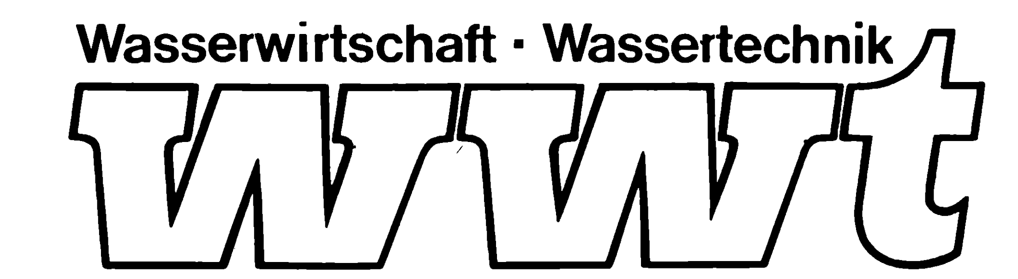
Contents

Contenu



Ausgezeichnet
mit der
Ehrenplakette der KDT
in Silber

Wasserwirtschaft · Wassertechnik



Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz
und Wasserwirtschaft und
Kammer der Technik (FV Wasser)

Verlag:
VEB Verlag für Bauwesen
1086 Berlin, Französische Straße 13/14
Verlagsdirektor:
Dipl.-Ök. Siegfried Seeliger
Fernsprecher: 20410

Redaktion:
Agr.-Ing., Journ. Helga Hammer,
Verantwortliche Redakteurin

Dipl.-Ing. Ralf Hellmann,
Redakteur

Carolyn Sauer,
redaktionelle Mitarbeiterin

Sitz der Redaktion:
1086 Berlin, Hausvogteiplatz 12
Fernsprecher: 2 08 05 80 und 2 07 64 42

Lizenz-Nr. 1138
Presseamt beim Vorsitzenden
des Ministerrates der DDR

Satz: Druckerei „Neues Deutschland"
Druck: Druckkombinat Berlin
Gestaltung: Helga Hammer

Artikel-Nummer 29 932
Die Zeitschrift erscheint achtmal
im Jahr zum Heftpreis von 2,20 M (DDR)

Printed in G. D. R.

Die Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes Buchexport zu entnehmen. Bestellungen nehmen entgegen: für Bezieher in der DDR sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, für Buchhandlungen im Ausland die internationalen Buchhandlungen in den jeweiligen Ländern bzw. das Zentralantiquariat der DDR, 7010 Leipzig, Talstraße 29.
Alleinige Anzeigenverwaltung:
VEB Verlag Technik, 1020 Berlin,
Oranienburger Straße 13/14, PSF 293,
Fernruf 2 87 00
Es gilt die Anzeigenpreisliste lt. Preiskatalog
Nr. 286/1.

5

„Wasserwirtschaft – Wassertechnik"
Zeitschrift für Technik und Ökonomik der Wasserwirtschaft
35. Jahrgang 1985 Juli

Aus dem Inhalt

Zum Titelfoto:

Um die Wasserqualität der Spree zu kontrollieren, werden regelmäßig Wasserproben genommen.
Foto: Wecke

Der Analysenautomat ADM300 mit mikrorechnergesteuerter Auswerteeinheit AE2-2

Dr. rer. nat. Albrecht MÜLLER; Dipl.-Ing. Horst EULENBERG; Dipl.-Chem. Wolfgang KOPPRASCH
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft und dem VEB MLW Prüfgerätewerk Medingen

In der Trinkwasserkontrolle und der Gewässerüberwachung besteht hinsichtlich des Trinkwasserschutzes ein besonderer Informationsbedarf.
Untersuchungen der Wasserbeschaffenheit erfolgen im wesentlichen in den Laboratorien unseres Wirtschaftszweiges.
Rationelle Methoden und Techniken zur Durchführung von Routineuntersuchungen und zur Auswertung der gewonnenen Meßwerte entlasten die Laborkapazität von Routinearbeit zugunsten weiterer Bestimmungsmethoden. Im folgenden sollen am Beispiel photometrischer Nachweismethoden /1/ mit vom wissenschaflichen Gerätebau der DDR hergestellter Durchflußanalysenmeßtechnik die Möglichkeiten zur Rationalisierung der Routineanalytik beschrieben werden.
In einigen Laboratorien der Wasserwirtschaft der DDR werden gegenwärtig ältere Durchflußanalysenautomaten /2/ durch den Analysenautomaten ADM300 mit mikrorechnergesteuerter Auswerteeinheit AE2-2 aus Medingen /3/ abgelöst. Im Rahmen einer wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen dem VEB MLW PGW Medingen und dem Institut für Wasserwirtschaft wurden die wasseranalytischen Methoden des ADM300 und entsprechende Auswerteprogramme für die AE2-2 weiterentwickelt und in die Laboratorien der Wasserwirtschaft eingeführt.

Gerätebeschreibung

Der auf einer kontinuierlichen Durchflußanalyse basierende Analysenautomat ADM300 ist ein vielseitig verwendbares Analysenmeßgerät zur mechanisierten Durchführung naßchemischer Analysen mit photometrischer Indikation. Er stellt eine Kombination von Einzelgeräten und Funktionsgruppen dar, die im Analysenprozeß feststehende, sich immer wiederholende Aufgaben zu erfüllen haben. Diese sind von den manuellen analytischen Arbeitstechniken abgeleitet worden.
Die für die Nachweisreaktionen erforderlichen chemischen Reaktionen finden in kontinuierlich fließenden, luftsegmentierten Strömen statt. Diese fließen in einem geschlossenen Leitungssystem von Einzelgerät zu Einzelgerät, denen im Gerätesystem eine bestimmte analytische Funktion zugeordnet ist. Von großer Bedeutung für die Meßgenauigkeit der Analysenergebnisse ist die Tatsache, daß die unbekannten Probenlösungen, die Kalibrierlösungen sowie die Null- und Leerwertproben unter gleichen reproduzierbaren Bedingungen untersucht werden. Veränderungen der Analysenbedingungen, wie sie bei der Durchführung der manuellen Analysenverfahren unvermeidlich sind und sehr häufig auftreten, werden so völlig ausgeschaltet.

Funktionsweise

Die Funktionsweise des Analysenautomaten ADM300 wird in Bild 2 (Fließschema) dargestellt. Die zu untersuchenden Proben werden in die Magazine des Probenspeichers eingesetzt. Ein programmgesteuerter Tauchheber taucht in vorher festgelegter zeitlicher Folge mit seiner Kanüle nacheinander im Wechsel in die zu untersuchenden Probenlösungen und in die Spülflüssigkeit. Über eine peristaltische Mehrkanalschlauchpumpe werden diese zusammen mit verfahrensspezifischen Reagenzlösungen und Luft in das Leitungssystem der jeweiligen Methodeneinheit gefördert. Dort entsteht durch das Zusammenführen der einzelnen Komponenten ein luftsegmentierter Flüssigkeitsstrom, in dem die chemische Reaktion, die mit einer Farbänderung verbunden ist, erfolgt.
Die Luftblasen werden unmittelbar vor der Küvette mittels eines Luftblasenabscheiders aus dem Reaktionsgemisch entfernt, so daß nunmehr ein luftblasenfreier Flüssigkeitsstrom die Küvette des Durchflußkolorimeters durchfließt. Hier wird periodisch – entsprechend der Frequenz des Tauchhebers im Probenspeicher – die in der Durchflußküvette auftretende Änderung der Lichtabsorption gemessen und mittels Fotozelle in elektrische Signale umgewandelt. Im Ergebnis der Untersuchung erhalten wir in der Reihenfolge der eingegebenen Proben auf dem Schreiber Peaks, deren maximale Höhe ein Maß für die Konzentration der zu bestimmenden Prüfkomponente ist.

Meßwertverarbeitung

Zur automatischen Meßwerterfassung und -verarbeitung kann eine auf der Basis des Mikrorechnersystems K1520 aufgebaute Auswerteeinheit eingesetzt werden. In ihr werden die Analogsignale des Photometers digitalisiert, faktorisiert und zusammen mit der Probennummer ausgedruckt.
In Bild 1 zeigen wir die Standardvariante des Analysenautomaten ADM300 mit Auswerte-

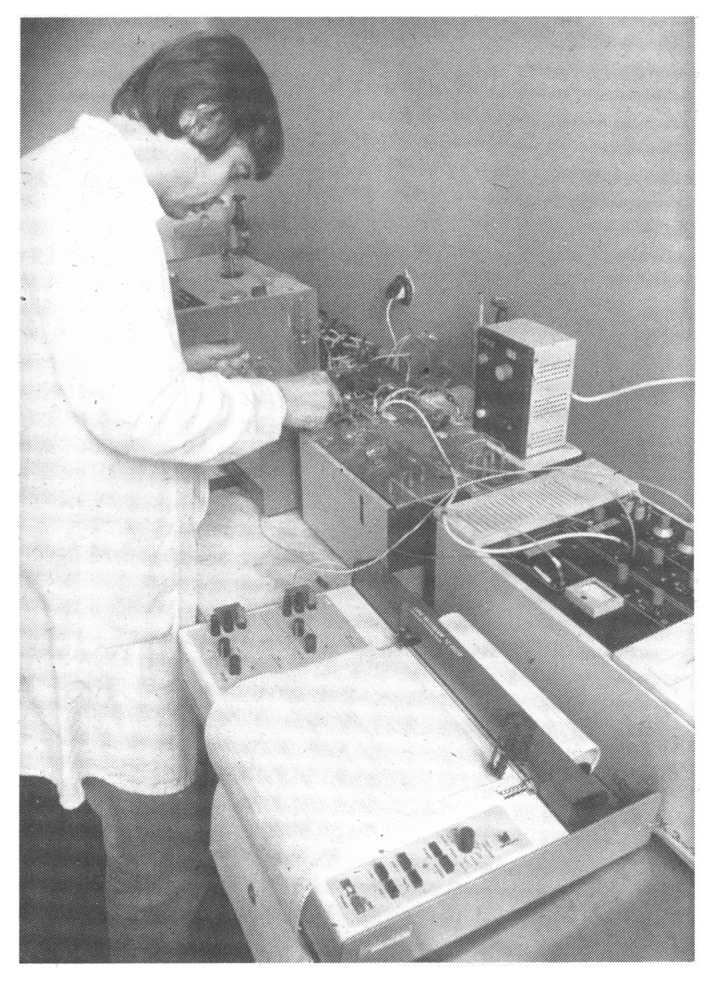


Bild 1
Durchflußanalysenautomat ADM300
als Zwei-Kanal-Gerät
mit Schreiber
Foto: ZB Heinrich

einheit AE2-2, die aus den Einzelgeräten Probenspeicher, Dosierpumpe, Temperierbad B10 mit Temperiereinheit und Methodeneinheiten, Durchflußkolorimeter, Zweilinienschreiber sowie Auswerteeinheit einschließlich Drucker besteht und als Zweikanalgerät konzipiert ist.

Tafel 1 Methodenübersicht für den Durchflußanalysenautomaten ADM300

Meßgröße	Methode	Meßbereich mg/l	Probenrate Best./h
NH_4-N	Indophenolblau	0,16– 8 0,9 –45	80 80
PO_4-P	Molybdänblau	0,01– 0,7 0,13– 7,0	80 80
Si	Molybdänblau	0,03– 1,2 0,33–12	80 80
Kationensumme (mmol/l)	Ionenaustausch Indophenolblau	0,7 –15 3,5 –80	30 30
NO_2-N	Sulfanilamid Naphthylamin-hydrochlorid	0,01– 0,8	80
NO_3-N	Reduktion zu Nitrit Bestimmung als Nitrit	0,05– 2,5 0,23–12	30 30
Fe	o-Phenanthrolin	0,04– 2 0,40–20	80 80

Anwendungsmöglichkeiten

Der Einsatz von Durchflußanalysenautomaten ADM300 mit Auswerteeinheit ist in den Laboratorien der Wasserwirtschaft ökonomisch vorteilhaft für die Bearbeitung von Probenserien in der Größenordnung zwischen 80 und 800 Proben je Woche. Mit dieser Analysentechnik wird das Ziel verfolgt, ausgewählte Bestimmungsmethoden der Durchflußanalytik (Tafel 1) rationell auszuführen. Der Betrieb von automatisierten Analysensystemen setzt eine sorgfältige Planung und Organisation aller Teilschritte von Meßverfahren, von Probenahme, Probenvorbereitung, Messung bis zur Auswertung voraus. Daneben sind die zur Durchführung der manuell zu bestimmenden Meßgrößen des Probegutes entsprechend der jeweiligen Meßaufgabe erforderlichen Laborkapazitäten zu berücksichtigen.

Im Rahmen einer orientierenden Abschätzung der Leistungsfähigkeit der Analyseeinheit wird davon ausgegangen, daß ein Durchflußautomat ADM300 mit Auswerteeinheit AE2-2 von einer versierten Laborkraft bedient wird. Die Ermittlung der maximal zu bearbeitenden Probenanzahlen bzw. Bestimmungen erfolgt in Abhängigkeit von der Anzahl der zu bestimmenden Meßgrößen und der Probenrate für die ausgewählten Bestimmungsmethoden. Bei der Abschätzung der maximalen Probenanzahlen ist zu berücksichtigen, daß in der Praxis einerseits die nominellen Probenraten (Tafel 1) infolge der Doppelbestimmungen und Kalibrierungen umzurechnen sind und andererseits für die Vorbereitung der Proben und Reagenzien die Inbetriebnahme und Wartung des ADM300 und der AE2-2 Arbeitszeit einzuplanen ist. Die für eine effektive Anwendung der Durchflußanalytik benötigten Probenanzahlen können durch Sammeln und Konservieren (z.B. Tiefkühlung) des Probengutes erreicht werden.

Für die Bearbeitung von zwei Meßgrößen im Parallelbetrieb können im Fall der Probenrate von 80 Bestimmungen je Stunde etwa 160 Proben am Tag bzw. 800 Proben je Woche abgearbeitet werden. Bei einer Probenrate von 30 Bestimmungen je Stunde betragen die Probenanzahlen etwa 55 am Tag bzw. 300 in der Woche. Die Bestimmung von vier bzw. acht Meßgrößen auf einem Gerät ist unter Berücksichtigung der erforderlichen Zeiten zum Umrüsten und bei Annahme einer mittleren Probenzahl von 50 Bestimmungen je Stunde für etwa 180 bzw. 80 Proben in der Woche möglich.

Als Beispiele für die Anwendung von Durchflußanalysenautomaten sind folgende Einsatzfälle zu nennen:

- Bestimmung von Eisen, Mangan, Ammonium, Nitrit und Nitrat bei der Trinkwasserkontrolle
- Durchführung von Phosphor- und Stickstoffbestimmungen im Rahmen von Bilanzierungsaufgaben der Gewässerüberwachung
- Kontrolle von Eisen und Phosphor zur Optimierung des Einsatzes von Fällungsmitteln bei der Abwasserbehandlung.

Durch die Anwendung der Auswerteeinheit AE2-2 wird das Laborpersonal von der monotonen Routinearbeit (Abmessen der Peak maxima auf der Schreiberaufzeichnung, Berechnen dimensionsgerechter Meßwerte, Folgerechnungen) weitgehend befreit.

Nimmt man den Zeitaufwand für die manuelle Auswertung mit etwa 25% bezüglich des gesamten Zeitaufwandes für die Ermittlung eines Meßergebnisses an, so ermöglicht die maschinelle Durchführung von Auswertealgorithmen einen wesentlichen Rationalisierungseffekt. Bislang wurden derartige Auswerteprogramme im of-line-Betrieb auf programmierbaren Tischrechnern /4/ oder Kleinrechnern in Datenverarbeitungszentralen /5/ angewandt.

Die on-line-Datenverarbeitung mittels AE2-2 weist dazu vergleichsweise folgende wesentliche Vorteile auf:

- Dimensionsgerechte Meßwerte und Ergebnisse von Folgerechnungen liegen am Ort und zum Zeitpunkt der Messung vor.
- Auf ausgewertete Meßfehler kann bei der Probenbearbeitung direkt reagiert werden.
- Maschinelle Meßwertverarbeitung senkt den manuellen Arbeitsaufwand.

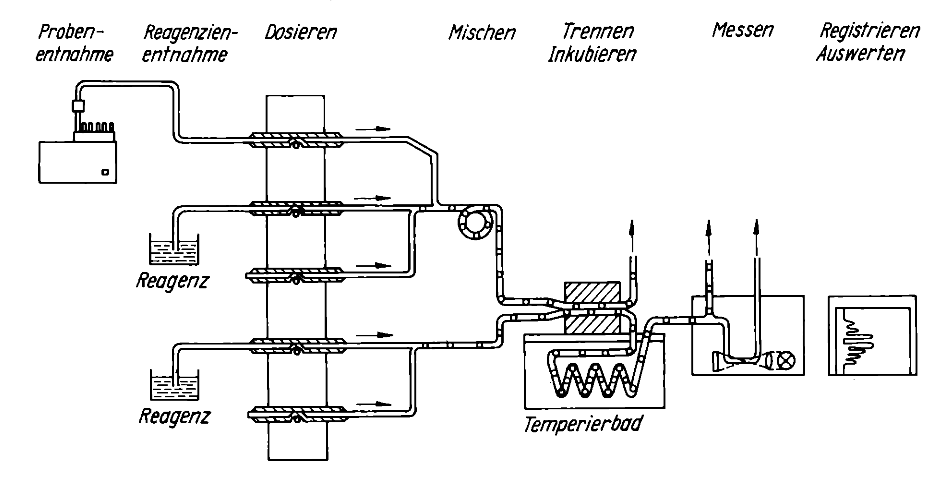
Ökonomischer Nutzen

Der ökonomische Nutzen der Durchflußanalysenmeßtechnik des ADM300 liegt in einer wesentlichen Steigerung der Arbeitsproduktivität um etwa 100 bis 300% gegenüber der manuellen Durchführung. Im Vergleich mit den älteren Durchflußautomaten Typ101/111 wird die Arbeitsproduktivität um etwa 40% erhöht. Im Vergleich zur manuellen Durchführung werden etwa 50%, verglichen mit dem Automaten Typ101/111 etwa 30% der Chemikalien eingespart. Der modulare Aufbau des Gerätesystems gestattet die serielle Bearbeitung verschiedener Analysenmethoden mit Hilfe eines Grundgerätes. Bei der Anwendung des ADM300 mit angeschlossener AE2-2 wird für die Auswertetechnik ein zusätzlicher Nutzeffekt wirksam. Die mikrorechnergesteuerte Auswerteeinheit AE2-2 ermöglicht die maschinelle Berechnung dimensionsgerechter Meßwerte und die Durchführung von Folgerechnungen. Bei manueller Auswertung können in einer Stunde für etwa 30 Proben Meß- und Folgerechenergebnisse ermittelt werden. Für die Durchführung der Folgerechnungen werden je 30 Meßwerte von zwei zugeordneten Meßgrößen benötigt. Insgesamt werden 60 Meßwerte verarbeitet.

Gegenwärtig arbeiten die Durchflußautomaten mit Probenraten von 30 bzw. 80 Bestimmungen je Stunde. Bei einer mittleren Probenrate von 50 Bestimmungen je Stunde werden von einem ADM300 in einer Stunde auf zwei Meßkanälen insgesamt 100 Meßwerte erzeugt. Unter der Annahme, daß zur Vorbereitung der Proben und des ADM300 mit AE2-2 etwa 2,2 h benötigt werden und die Meßanlage dann 2,5 h betrieben wird, sind für die manuelle Auswertung der in dieser Betriebszeit anfallenden rund 250 Meßwerte etwa 4 h Auswertezeit erforderlich. Durch den Einsatz einer AE2-2 können diese 4 h je Arbeitstag (bei 200 Arbeitstagen also maximal 800 Arbeitsstunden jährlich) zugunsten weiterer Laborarbeiten eingespart werden.

(Literatur liegt der Redaktion vor und wird auf Wunsch zugesandt.)

Bild 2 Funktionsprinzip des Analysenautomaten ADM300



Zur Fehlerabschätzung bei der Durchflußmessung an Oberflächengewässern mittels eines akustischen Strömungsmessers

Dr. sc. techn. Johann GÄTKE
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Küste

Die Bewirtschaftung des Wassers und die Erforschung des Wasserkreislaufs erfordern die Kenntnis des Wasserdargebots. Entscheidende Grundlagen für dessen Ermittlung ist der mit großer Genauigkeit zu bestimmende Durchfluß. Nach wie vor stellt der hydrometrische Flügel die Standardmeßtechnik zur Ermittlung des Durchflusses dar. Den Erfordernissen Rechnung tragend, gibt es Entwicklungen neuer Strömungsgeschwindigkeitsmeßverfahren /1, 2/, so z. B. des hydroakustischen Verfahrens. /3/

Eigenschaften des akustischen Strömungsmessers

Anwendungsgrenzen oder Nachteile des hydrometrischen Meßflügels werden verschoben bzw. aufgehoben. Folgende Eigenschaften sollen kurz genannt werden:

- Meßbereich $1 \frac{cm}{s} \leq V \leq 300 \frac{cm}{s}$
- Integrationszeiten von 1 s und 10 s wählbar; ständig fortlaufendes Meßregime
- Batteriebetrieb 5 V, 8 W
- lineare Eichkurve
- digitale Direktanzeige in m/s
- Kennzeichnung der Strömungsrichtung
- keine mechanisch bewegten Teile
- keine Beeinflussung der Messung durch Medienparameter (Leitfähigkeit, Druck, Temperatur)
- starr an einer Meßstange zu führen oder frei hängend mit Strömungsflosse zu betreiben.

Bei zahlreichen Messungen im Peenestrom, in der Warnow, im Hafengebiet Stralsund und in den Fährbetten Saßnitz-Hafen haben sich folgende Umstände als besonders günstig erwiesen:

– Der augenblickliche Strömungszustand ist über die Anzeige unmittelbar kontrollierbar, u. a. können Störungen durch Treibgut in der Meßstrecke wahrgenommen werden.

– Fließgewässer mit geringem Gefälle, z. B. Peenestrom, Peene, Warnow, sind einer genauen Durchflußmessung mit dem hydrometrischen Flügel nicht mehr zugänglich. So lagen in der Warnow, Höhe Schwaan, bei einer Durchflußmessung im Oktober 1984 etwa 50 % aller Meßwerte unter einem Geschwindigkeitswert von 6 cm/s. Ähnliche Verhältnisse finden sich an allen Durchflußmeßstellen, die im Rückstaubereich der Ostsee liegen.

– Der akustische Strömungsmesser registriert im Gegensatz zu den meisten hydrometrischen Flügeln, die unabhängig von der Drehrichtung (und ohne Anzeige derselben) die Anzahl der Umdrehungen als Absolutwerte registrieren, auch gegenläufige Strömungen. Auf diese Weise konnte im nördlichen Peenestrom der sich gleichzeitig im selben Querschnitt vollziehende Ausstrom von Haffwasser in die Ostsee an der Oberfläche und der Einstrom von Ostseewasser in Richtung Haff bei einer dazwischen liegenden Verwirbelungsschicht von 1 bis 3 m Mächtigkeit nachgewiesen werden.

– Der rechnerische Aufwand bei der Auswertung verringerte sich gegenüber der Anwendung eines hydrometrischen Flügels, da der akustische Strömungsmesser die Fließgeschwindigkeit direkt anzeigt.

Laut /4/ läßt sich die aktuelle Verteilung der Geschwindigkeit in einem Wasserlaufquerschnitt nicht berechnen, sondern nur durch Messungen erfassen.

Fehler bei der Strömungsprofilmessung in der Meßlotrechten

Wegen der Linearität des Ausgangssignals bewirkt der akustische Strömungsmesser in der Meßstrecke eine exakte zeitliche und räumliche Mittelung der Strömung. /3/ Wird die Strömung während der Meßzeit als zeitlich konstant vorausgesetzt, was im praktischen Einsatz gegeben ist, so ist ein Meßfehler nur auf Grund der räumlichen Mittelung zu erwarten. Die konstruktive Ausführung der akustischen Meßstrecke (Bild 4) bewirkt die Erfassung der mittleren Geschwindigkeit für eine vertikale Stromebene der Höhe h (und der Breite der Ultraschallschwinger, im aktuellen Fall etwa 6 mm).

In Bild 5 ist zu erkennen, daß die Strömungsgeschwindigkeit eine Funktion aller drei Ortskoordinaten x, y, z ist. Da für die Durchflußbestimmung die Erfassung über den Querschnitt erfolgt, interessiert die Abhängigkeit von z nicht. Wir erkennen, daß in Abhängigkeit von der Koordinate x naturgemäß unterschiedliche Tiefen T_x auftreten und ganz verschiedene Profile in der Meßlotrechten vorliegen können. Ohne Beschränkung hinsichtlich der wesentlichen Aussagen – wie wir später erkennen – können wir von folgenden Annahmen ausgehen:

- In der Meßlotrechten können die Profile durch parabolische Verläufe beschrieben werden.
- Es können Parabeln höherer Ordnung auftreten.
- Der maximale Strömungswert liegt in der Oberfläche. Obwohl das in der Realität in der Regel nicht zutreffend ist /4/, werden über die Meßfehler zu treffende Aussagen nicht eingeschränkt.

Somit können wir von folgender analytischer Darstellung des vertikalen Geschwindigkeitsprofils ausgehen:

$$v(x, y) = v_{max}(x)\left(1 - \left(\frac{y}{T_x}\right)^n\right)$$

$$v_{max}(x) = v(x, o) \qquad n > 1 \qquad (1)$$

$o = v(x, T_x)$
T_x = Tiefe an der Stelle x
$o \leq y \leq T_x$.

Der akustische Strömungsmesser erfaßt abhängig von der Tiefe y, in der er mißt, und von der Höhe h seiner Meßstrecke einen auf dem Schallpfad gemittelten (integralen) Wert. /3/ Dieser so ermittelte Wert soll einem Punkt in der mittleren Höhe der Meßstrecke zugeordnet werden. Demzufolge kann man den Strömungsmesser in folgendem Tiefenbereich einsetzen

$$\frac{h}{z} \leq y \leq T_x - \frac{h}{z} \qquad h \leq T_x \qquad (2)$$

und erhält abhängig von der Tiefe folgende gemittelten Meßwerte

$$\bar{v}(x, y) = \frac{1}{h} \int_{y-\frac{h}{z}}^{y+\frac{h}{z}} v(x, y)\,dy$$

$$= \frac{1}{h} \int_{y-\frac{h}{z}}^{y+\frac{h}{z}} v_{max}(x)\left(1 - \left(\frac{y}{T_x}\right)^n\right) dy \qquad (3)$$

Bild 1 Akustischer Strömungsmesser – Unterwassereinheit, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Technische Elektronik

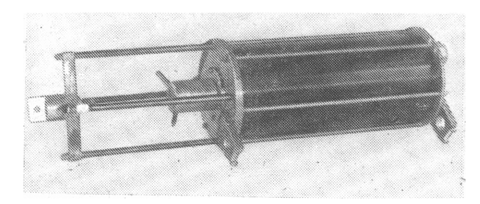
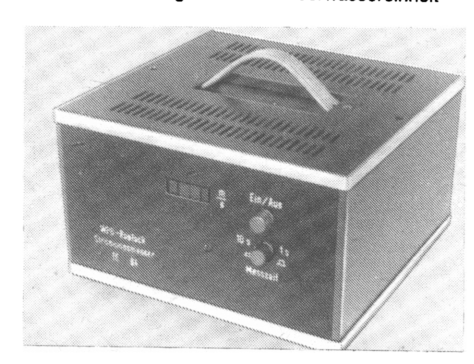


Bild 2 Steuer- und Anzeigegerät zum akustischen Strömungsmesser – Überwassereinheit



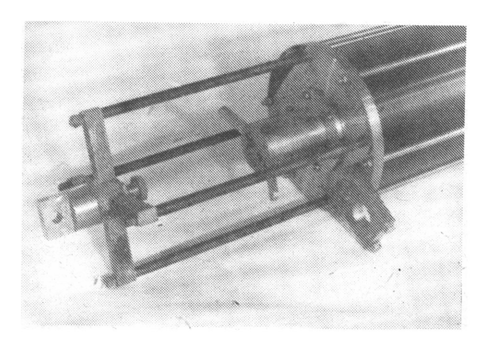


Bild 3 Akustische Meßstrecke (1-Komponentenausführung), Höhe der Meßstrecke: Abstand Schwingerebene bis zum Reflektor etwa 9 cm



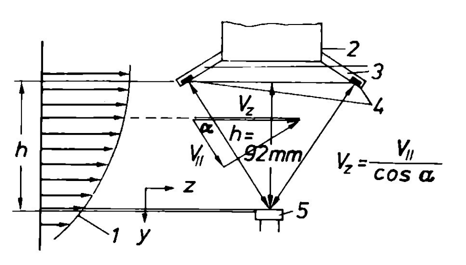


Bild 4 Konstruktive Ausführung der akustischen Meßstrecke

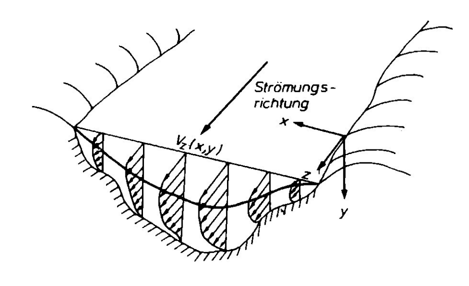


Bild 5 Skizze eines Durchflußprofils

Fotos: Ingrid Schröter

mit dem auf den Maximalwert bezogenen Ergebnis

$$\frac{\bar{v}(x,y)}{v_{max}(x)} = 1 - \frac{1}{(n+1)\,hT_x^n} \cdot \left[\left(y+\frac{h}{z}\right)^{n+1} - \left(y-\frac{h}{z}\right)^{n+1}\right]. \quad (4)$$

Wählt man eine bezogene Darstellung, indem Meßtiefe y und Meßstreckenhöhe h auf die Tiefe T_x bezogen werden

$$d = \frac{y}{T_x} \qquad q = \frac{h}{T_x}, \quad (5)$$

wobei sich die Größen entsprechend (2) in folgenden Grenzen bewegen können:

$$\frac{q}{z} \leq d \leq 1 - \frac{q}{z}$$

$$q \leq 1, \quad (6)$$

dann stellen sich (1) und (4) wie folgt dar:

$$\frac{v}{v_{max}} = 1 - d^n \qquad n > 1 \quad (7)$$

für die Vertikalprofilbeschreibung (siehe Bild 6b) und

$$\frac{\bar{v}}{v_{max}} = 1 - \frac{1}{(n+1)\,q} \cdot \left[\left(d+\frac{q}{z}\right)^{n+1} - \left(d-\frac{q}{z}\right)^{n+1}\right] \quad (8)$$

für die Meßwertdarstellung bei endlicher Ausdehnung der Meßstrecke.

Aus den beiden Angaben (7) und (8) läßt sich nunmehr der relative Meßfehler δ berechnen nach

$$\delta = \frac{\bar{v}/v_{max}}{v/v_{max}} - 1 = \frac{\bar{v}}{v} - 1$$

$$\delta = \frac{1 - \frac{1}{(n+1)\,q}\left[\left(d+\frac{q}{z}\right)^{n+1} - \left(d-\frac{q}{z}\right)^{n+1}\right]}{1 - d^n} - 1. \quad (9)$$

Die Ergebnisse findet man in Bild 6a und Bild 7a und b.

Diskussion der Ergebnisse

Aus Bild 6a geht folgendes hervor:

– Alle Meßwerte fallen zu klein aus.

– Meßfehler nehmen abhängig vom Profil n (Bild 6b) und von der relativen Größe der Meßstrecke q mit der Tiefe zu, d. h., der Fehler ist dort groß, wo die transportierte Menge Wasser klein ist, so daß er sich im Gesamtergebnis der Durchflußmengenbestimmung nicht sonderlich auswirkt.

– Beträgt z. B. die Meßstreckenhöhe 0,1 der Lottiefe an der Meßstelle, so liegt der Fehler bei allen Strömungsprofilen bis zur halben Tiefe unter 1 ‰, bis 0,8 der Tiefe unter 1 %.

Bild 7 a zeigt, daß z. B. für $q < 0{,}16$ (das umschließt alle Fälle, in denen entsprechend der Durchflußmeßvorschrift Nr. 4 nach der Sechspunkt-Methode gemessen werden soll) der maximal auftretende Meßfehler beim akustischen Strömungsmesser noch unter 10 % liegt, dieser nur im Sohlbereich vorkommt, also für den letzten Meßpunkt, während für den Meßpunkt in 0,8 der Tiefe (von oben) gemessen bei allen Profilen der Fehler ≦ 1 % ist.

Beträgt die relative Meßstreckenlänge $q = 0{,}5$, so daß eine Messung nur nach der Zweipunkt- oder Einpunkt-Methode in 0,6 der Tiefe von der Oberfläche aus gemessen möglich ist, liegt der Fehler bei allen Profilen unter 3 %.

Bild 7 b zeigt die Abhängigkeiten vom Profilverlauf n, über den man nicht verfügen, sondern den man lediglich aus den Messungen entsprechend Bild 6 b rekonstruieren kann, um sich dann anhand des Bildes 7 b nachträglich Rechenschaft über die Meßfehler geben zu können.

Schlußbemerkungen

Bei natürlichen Fließgewässern wird sich in der Regel ein konvexes Strömungsprofil (mit Blick gegen die Strömung) einstellen. Die Folge ist, daß mit Strömungsmeßgeräten mit endlicher Streckenlänge für den jeweiligen Meßpunkt zu kleine Werte ermittelt werden. Auch der hydrometrische Flügel kann in gewisser Weise zu dieser Gruppe von Strömungsmeßgeräten gerechnet werden, die ein räumliches integrierendes Verhalten zeigen, so daß diese generelle Aussage ebenfalls für ihn zutrifft.

Übliche Meßflügel, z. B. *Ott*-Meßflügel und Universalmeßflügel aus Raschau, besitzen Durchmesser von etwa 10 cm. Quantitative Aussagen bezüglich dieser besprochenen Meßfehler scheinen schwierig zu sein,

– weil ihre Kennlinie nicht immer linear verläuft, zumindest aber im unteren Bereich, im Bereich der Anlaufgeschwindigkeit, einen Knick aufweist,

– weil wohl über den gesamten Flügeldurchmesser in einem inhomogenen Strömungsfeld, wie es bei der Profilmessung vorliegt, die unterschiedlich wirkenden Strömungsgeschwindigkeiten abhängig vom Angriffspunkt

Bild 6 **a)** Meßfehler in Abhängigkeit der relativen Tiefe mit den Parametern Strömungsprofil n und relative Meßstreckenhöhe q
b) Strömungsgeschwindigkeitsprofile über die Tiefe

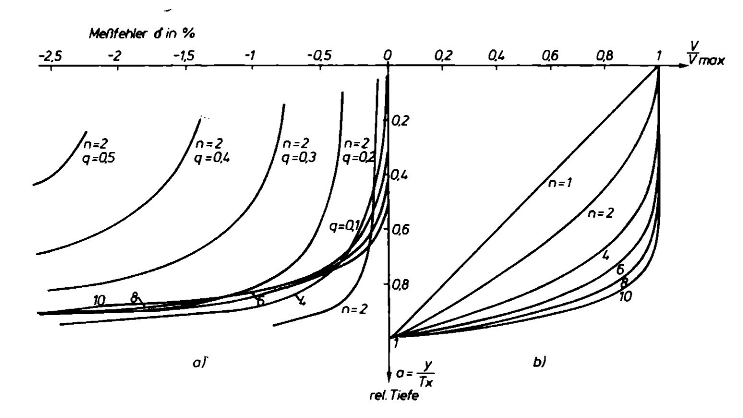
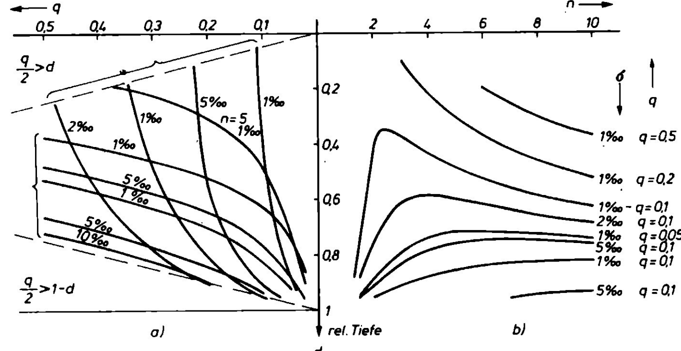


Bild 7 **a)** Meßfehlerdiagramm über der relativen Tiefe; bei konstanten relativen Streckenhöhen zu betrachten
b) Meßfehlerdiagramm über der relativen Tiefe; für ein bestimmtes Strömungsprofil n zu betrachten.



auf den Flügelblättern und der Flügelform unterschiedlich bewertet in Drehmomente und damit in das resultierende Meßsignal umgesetzt werden. Zu beachten ist außerdem, daß bei Meßflügeln eine Stromröhre mit kreisförmigem Querschnitt entsprechend dem Durchmesser des Flügels ausgeblendet wird, so daß eine ungleiche Bewertung für den vertikalen Strömungsverlauf vom Meßflügel vorgenommen wird. Dies vor allem auch dann, wenn in der Horizontalen Strömungsunterschiede auftreten, wie z. B. in den Randzonen der Fließgewässer, und daß das zentrale Gebiet, dort, wo die Welle sich befindet, keine Bewertung vornimmt, obwohl der Meßwert diesem Meßort zugeordnet wird.

Die hier besprochenen Meßfehler resultieren aus der Tatsache, daß man davon ausgehen kann, daß Strömungsmesser in homogenen Strömungsfeldern geeicht werden, so auch im VEB Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau, Potsdam-Bornim, und daß sie bei praktischen Messungen in inhomogenen Strömungsfeldern eingesetzt werden. Die Fehler lassen sich bei Kenntnis der Verhältnisse korrigieren oder unter eine vertretbare Grenze drücken, wenn man die Abmessungen der Meßstrecken der Geräte den äußeren Bedingungen in den Fließgewässern anpaßt, so daß man in quasi homogenen Strömungsfeldern mißt.

Literatur

/1/ *msr*, Berlin **26** (1983) 3, S. 122 bis 146
/2/ *msr*, Berlin **27** (1984) 4, S. 146 bis 167
/3/ *J. Gätke u. a.*: Akustische Strömungsgeschwindigkeitsmessung. In: *msr*, Berlin **26** (1983) 3, S. 141 bis 146
/4/ *A. Wechmann*: Hydraulik. VEB Verlag für Bauwesen. Berlin 1966, 3. Auflage

Rechnereinsatz zur Lösung der Aufgaben des technischen Küstenschutzes

Dr.-Ing. Reinhard WIEMER; Dipl.-Ing. Siegfried SCHEFTER
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Küste

Die Uferzone des Meeres ist geomorphologisch besonders aktiv. Infolge schnell ablaufender natürlicher Prozesse, an denen Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre beteiligt sind, verändert sich dieser Bereich ständig. Häufig beeinflussen solche Änderungen die Nutzungsinteressen der Gesellschaft negativ. Dann greift der Mensch mit Schutz- und Regulierungsmaßnahmen ein. Er ändert damit den Ablauf der Prozesse oder unterbindet Teile davon völlig. Voraussetzung für ein effektives Eingreifen ist die genaue Kenntnis der physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Wechselwirkung zwischen den daran beteiligten aerogenen, marinen und terrigenen Faktoren. Diese Kenntnis erst erlaubt die Ursachen negativer Entwicklungen zu ergründen, geeignete Gegenmaßnahmen auszuwählen sowie die Wirkung der Maßnahmen mit genügend Sicherheit vorauszusagen.
Seit langer Zeit werden daher mit großem Aufwand Untersuchungen der komplexen Vorgänge in der Natur durchgeführt sowie Experimente am hydraulischen Modell unternommen, deren Ergebnisse letzten Endes in mathematische Modelle für einzelne Vorgänge einfließen. Solche Modelle sind häufig sehr kompliziert, so daß ihre Nutzung mit erheblichem zeitlichem Aufwand verbunden ist. Die detaillierte Untersuchung ganzer Uferabschnitte ist daher nur durch Einsatz von Rechnern möglich. Für die aufwendigsten und häufig wiederkehrenden Berechnungen im technischen Küstenschutz wurden Programme entwickelt, die im Untersuchungs- und Vorbereitungsstadium ein effektives Arbeiten ermöglichen. Solche Programme wurden zur Ermittlung von Seegangsparametern für den Tief- und Flachwasserbereich bis hin zur Brecherzone aufgestellt. Sie basieren auf dem Vorhersagemodell für den Seegang nach *Krylov* u. a. /1/ und der sowjetischen Norm SNiP II-57-75 /2/ sowie auf dem „klassischen" Verfahren der Refraktionsberechnung von Meereswellen.

Programm zur Ermittlung von Parametern des Tiefwasserseeganges

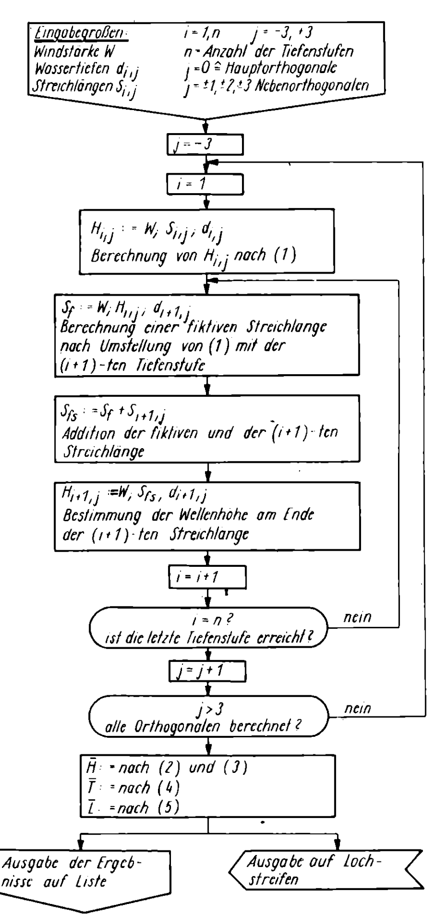
Der Seegang wird als die Gesamtheit sinusoidaler monochromatischer Elementarwellen mit verschiedenen Amplituden, Perioden und Fortpflanzungsrichtungen betrachtet, deren jede einem bestimmten Anteil der Gesamtenergie des Seeganges entspricht. Diese Elementarwellen überlagern sich mit zufälligen Phasen. Damit trägt auch das Resultat Zufallscharakter: Es stellt einen stationären Zufallsprozeß dar. Für diesen Zufallsprozeß läßt sich ein zweidimensionales Energiespektrum nach Frequenz und Richtung aufstellen, das die Energieverteilung zwischen den Elementarkomponenten des realen Seeganges charakterisiert. Nach /3/ besteht zwischen der Höhe einer Elementarwelle H_i und den wellenbildenden Faktoren Windgeschwindigkeit W, Wassertiefe d und Windstreichlage S der Zusammenhang:

$$\frac{gH_i}{W^2} = 0{,}16 \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1 + 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{gS}{W^2} \right)^{0,5}} \right] \right\} \cdot \mathrm{th} \left\{ 0{,}625 \frac{\left(\frac{g \cdot d}{W^2} \right)^{0,8}}{1 - \left[\frac{1}{1 + 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{g \cdot S}{W^2} \right)^{0,5}} \right]^2} \right\} \qquad (1)$$

Dann beträgt die mittlere Wellenhöhe des Gesamtseeganges

$$\bar{H} = \left(\sum_i H_i^2 \, \Delta E_i \right)^{1/2} . \qquad (2)$$

Bild 1 Ablaufplan zur Bestimmung der mittleren Wellenhöhe $\bar{H}$



ΔE_i stellt hierbei den Energieanteil aller Elementarwellen, die in einem Sektor $\Delta\Theta$ anlaufen (Θ – Winkel zwischen der Anlaufrichtung des Gesamtseeganges – Hauptorthogonale – und der Anlaufrichtung der Elementarwelle – Nebenorthogonale –), am Gesamtenergiebetrag des Seeganges dar. Bei der Ermittlung der mittleren Wellenhöhe eines Seeganges in einem bestimmten Punkt kann man nun Sektoren von 22,5° wählen und mit d_i die Wassertiefe in Anlaufrichtung der Elementarwelle sowie mit S_i die auf die Anlaufrichtung des Gesamtseeganges projizierte Streichlänge der Elementarwelle bezeichnen. Dann erhält man die mittlere Wellenhöhe des Seeganges in diesem Punkt zu /2/

$$\bar{H}_2^2 = 0{,}25\ H_0^2 + 0{,}21\ (H_{+1}^2 + H_{-1}^2) + 0{,}13\ (H_{+2}^2 + H_{-2}^2) + 0{,}035\ (H_{+3}^2 + H_{-3}^2). \tag{3}$$

Die mittlere Wellenperiode T steht in direktem Zusammenhang zur mittleren Höhe, wird aber als unabhängig von der Wassertiefe betrachtet.

Nach /3/ kann sie nach der Beziehung

$$\frac{g\bar{T}}{W} = 3{,}1 \cdot 2\pi \left(\frac{g\bar{H}}{W^2}\right)^{0{,}625} \tag{4}$$

ermittelt werden. Daraus folgt mit

$$\bar{L} = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi} \tag{5}$$

die mittlere Wellenlänge des Seeganges. Aus Beobachtungen ist bekannt, daß die Fortpflanzungsrichtung des Seeganges im Tiefwasser nicht in jedem Falle mit der Windrichtung übereinstimmen muß. Diese Abweichung beträgt

$$tgd = \frac{\sum E_i \cdot H_i^2 \cdot tg\beta_i}{\sum E_i \cdot H_i^2} \tag{6}$$

mit β_i – Winkel zwischen den Nebenorthogonalen und der Windrichtung.

Mit den Gleichungen (1), (3), (4), (5) und (6) sind somit die Wellenparameter Höhe, Periode, Länge und Fortpflanzungsrichtung aus den wellenbildenden Faktoren bestimmbar. Diese Beziehungen bilden die Grundlage für die rechentechnische Programmierung.

Folgende Annahmen und Vereinfachungen werden hierbei getroffen:

– Das Verfahren gilt für Tiefwasserbedingungen $\left(\frac{d}{L} \geqq 0{,}5\right)$, für geringere Wassertiefen nur, wenn die Bodenneigung flacher oder gleich 0,001 ist.

– Die Windgeschwindigkeit und -richtung sind sowohl im Raum als auch in der Zeit konstant.

– Die Dauer des Windes ist so groß, daß am Berechnungspunkt mit voll ausgereiftem Seegang gerechnet werden kann.

– Der Seegang besteht nur aus Windwellen; es treten keine Dünungswellen auf.

– Der Boden des Aquatoriums ist horizontal, Wassertiefenunterschiede werden durch Abstufungen dargestellt.

Das Rechnerprogramm ist in der problemorientierten Sprache FORTRAN FOBS 4200 geschrieben und für den Computer KRS 4200 konzipiert. Wichtigste Eingangsgrößen sind die Windstärke und das in Horizontalstufen unterteilte Meeresbodenprofil (Bild 1). Über einen Iterationszyklus wird schrittweise, von der gegenüberliegenden Küste ausgehend, die Wellenhöhe berechnet. Der Algorithmus ist aus dem Ablaufplan ersichtlich (Bild 2).

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in übersichtlicher Listenform. Zusätzlich realisiert das Programm die Ausgabe der Wellenparameter auf Lochband für die weitere Bearbeitung im Flachwasserbereich und andere Auswertungen.

Programm zur Ermittlung von Parametern des Flachwasserseeganges

Oberflächenwellen verändern sich, wenn sie sich über Wassertiefen ausbreiten, die ihre Phasengeschwindigkeit beeinflussen. Für praktische Belange gibt die Beziehung

$$\frac{d}{L} \leqq 0{,}5 \tag{7}$$

diesen Bereich an. Die Welle, die diesen Bereich durchläuft, ändert ihre Fortpflanzungsrichtung. Die Richtungsänderung kann hier analog zur Optik durch das *Snellius*'sche Brechungsgesetz beschrieben werden:

$$\frac{\sin\Theta}{c} = \text{const.} \tag{8}$$

Θ = Winkel zwischen der Wellenorthogonalen und der Normalen zur Isobathe

c = Phasengeschwindigkeit der Welle.

Es wird angenommen, daß der Energiefluß zwischen zwei benachbarten Orthogonalen konstant bleibt, daß also senkrecht zu den Orthogonalen kein Energieaustausch stattfindet. Dann kann mit den Änderungen der Phasen- und Gruppengeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Wassertiefe der Änderungskoeffizient der Wellenhöhen durch

$$K_H^2 = \left(\frac{H}{H_0}\right)^2 = \frac{l_0}{l}\ \frac{cth\frac{2\pi d}{L}}{1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{sh\frac{4\pi d}{L}}} \tag{9}$$

dargestellt werden, mit

l_0, l – Abstand zweier benachbarter Orthogonalen im Tief- und im Flachwasser

H_0, H – Wellenhöhe im Tief- und im Flachwasser.

Hierin stellen

$$K_R = \left(\frac{l_0}{l}\right)^{1/2} \tag{10}$$

den Refraktionskoeffizienten und

$$K_T = \left(\frac{cth\frac{2\pi d}{L}}{1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{sh\frac{4\pi d}{L}}}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{11}$$

den Transformationskoeffizienten dar.

Wird die Energiedissipation infolge Reflexion, Perkolation und Reibung durch einen allgemeinen Verlustkoeffizienten K_V /2/ berücksichtigt, kann die Wellenhöhe im Flachwasser mit Hilfe der Gleichung

$$H = K_R \cdot K_T \cdot K_V \cdot H_0 \tag{12}$$

ermittelt werden.

Die Wellenperiode T wird für alle Wassertiefen als konstant angenommen. Daraus errechnet sich die Wellenlänge zu

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\ th\frac{2\pi d}{L}\ . \tag{13}$$

Die komplizierteste Aufgabe bei der Abschätzung der Wellenhöhe im Flachwasser stellt die Ermittlung des Refraktionskoeffizienten dar. Mit Θ_m soll der Anlaufwinkel und mit Θ_{m+1} der Winkel nach der Orthogonalenbrechung bezeichnet werden: Dann kann die Orthogonalenbeugung mit Gleichung (8) nach

$$\sin\Theta_{m+1} = \sin\Theta \cdot \frac{th\frac{2\pi d_{m+1}}{L_{m+1}}}{th\frac{2\pi d_m}{L_m}} \tag{14}$$

berechnet werden. Hierbei zeigt der Index m den Zustand vor dem Beugen an, der Index $(m + 1)$ nach dem Beugen. Der Verlauf mindestens zweier Orthogonalen wird so bis zum Berechnungspunkt verfolgt. Wie bei der Ermittlung der Seegangsparameter im Tiefwasser werden die Refraktionskoeffizienten für die Hauptorthogonale und sechs Nebenorthogonalen ermittelt. Der Refraktionskoeffizient für den resultierenden Seegang wird dann analog zur Berechnung der Wellenhöhe des Gesamtseeganges im Tiefwasser (Gl. 3) unter Berücksichtigung der Energieanteile im Richtungsspektrum bestimmt. Es ist dann lediglich noch zu überprüfen, ob nicht der Brechpunkt bereits überschritten ist. Da die Entstehung und Entwicklung des Sekundärseegan-

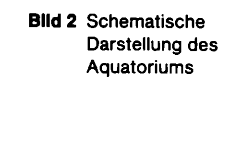
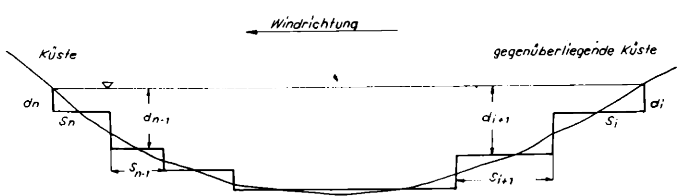
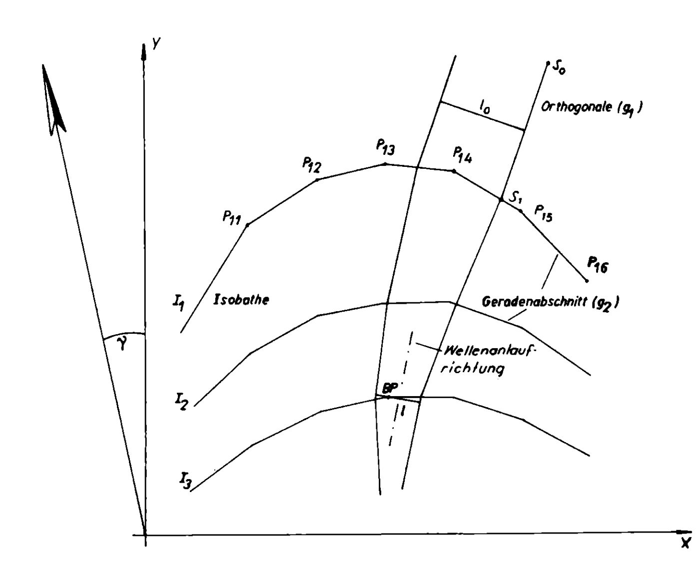


Bild 2 Schematische Darstellung des Aquatoriums

Bild 3 Orthogonalenverlauf





ges nach anderen als den dargestellten Gesetzmäßigkeiten erfolgt, ist für diesen Fall das Verfahren unzulässig. Der Brechpunkt der Welle mit einer Häufigkeit von 1 % im System wird hier als Brechpunkt des Gesamtseeganges definiert. Daraus folgt

$$\frac{\bar{H}}{d} = 0{,}5 \qquad (15)$$

als Kriterium für diesen Punkt.

Kernstück des Rechnerprogramms, ebenfalls in FORTRAN FOBS 4200 programmiert, ist die Ermittlung des Abstandes *(l)* zweier benachbarter Orthogonalen im angegebenen Berechnungspunkt *(BP)*. Der Verlauf der Orthogonalen vom Tiefwasserbereich bis hin zum Brechpunkt der Welle muß erst bekannt sein, um den Abstand *(l)* zu bestimmen. Das Programm simuliert dabei die manuelle graphische Methode.

Voraussetzung für die rechentechnische Lösung ist ein digitales Geländemodell des Untersuchungsgebietes. Für dieses Geländemodell wird ein Koordinatensystem gewählt, so daß alle Meßpunkte im 1. Quadranten liegen. Dabei ist zu beachten, daß die Abszissenachse (x-Achse) in Richtung der Uferlinie, die Ordinate im rechten Winkel dazu verläuft. Alle Winkelbetrachtungen beziehen sich bei den Berechnungen auf dieses Koordinatensystem. Der Richtungswinkel (γ) stellt die Verbindung aller Richtungsangaben zu geographisch Nord her.

Weitere Eingangsgrößen sind die Ergebnisparameter der Tiefwasserwellenberechnung. Die Ermittlung des Orthgonalenverlaufes gliedert sich in folgende Schritte (Bild 3):

1. Die Geradengleichung (g_1) aus der Richtung (Anstieg) und einem bestimmten Anlaufpunkt (S_0) im Tiefwasserbereich ist zu bestimmen.
2. Die Geradengleichung (g_2) eines linearen Abschnittes der Isobathe (I_1) aus den Punkten $P_{1,5}$ und $P_{1,6}$ ist zu ermitteln. Die Isobathe (I_1) ist die erste Isobathe, die die Bedingung (7) erfüllt.
3. Der Schnittpunkt (S_1) der Geraden (g_1) und (g_2) ist zu berechnen.

(Fortsetzung auf Seite 116)

An unsere Autoren, Leser und alle weiteren Partner und Freunde des Verlages

Wir haben uns herzlich zu bedanken für die zahlreichen Gratulationen, für die Anerkennung unserer verlegerischen Arbeit und für die guten Wünsche, mit denen unser Verlagskollektiv anläßlich des 25jährigen Jubiläums bedacht wurde. Im Namen aller Mitarbeiter versichern wir, daß uns die zuteil gewordenen Würdigungen sehr ehren und Verpflichtung sind, auch künftig alles zu tun, um steigenden Anforderungen an unser verlegerisches Wirken in enger und vertrauensvoller Zusammenarbeit mit allen unseren Partnern gerecht zu werden.

Siegfried Seeliger
Verlagsdirektor

Erfahrungen mit der Berechnung des Wirkungsgrades von Abwasserteichen

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dietrich UHLMANN, KDT; Dr. rer. nat. Siegfried SCHWARZ
Beitrag aus der TU Dresden, Sektion Wasserwesen, Bereich Hydrobiologie, und dem Hygieneinstitut Greifswald der Bezirkshygieneinspektion Rostock

Bereits in /1, 2, 3, 4/ wurde auf die gute Eignung von natürlich belüfteten Teichen für die Behandlung von Abwässern für Anschlußwerte bis etwa 3000 Einwohner hingewiesen.

Ein besonderer Vorteil von Teichanlagen ist der geringe Wartungsaufwand, der sich normalerweise auf das Mähen oder die Beweidung der Böschungen, eine wöchentliche Kontrolle der Ablaufeinrichtungen und die Entnahme des ausgefaulten Schlammes aus den anaeroben Vorbecken (1- bis 2mal im Jahr) beschränkt. Der bau- und ausrüstungstechnische Aufwand ist ebenfalls relativ gering. Nachteilig erweist sich die im Vergleich zu anderen biologischen Anlagen viel größere Oberfläche und damit verbunden die Temperaturabhängigkeit der Reinigungsleistung. Der relativ hohe Flächenbedarf beschränkt die Anwendung auf Landgemeinden, Ferieneinrichtungen, dezentral gelegene Wohngebiete und kleinere Betriebe der Lebensmittelindustrie.

Die in der internationalen Literatur mitgeteilten Bemessungsgleichungen für Abwasserteiche erfüllten die Bedingungen, daß die tatsächliche Abbauleistung der vorausberechneten Leistung entspricht, meistens nur in geringem Maße. Erst im Ergebnis eines umfangreichen Untersuchungsprogramms im Labormaßstab, das 80 verschiedene Kombinationen von BSB_5-Raumbelastung, Temperatur und mittlerer theoretischer Verweilzeit umfaßte, konnte eine allgemeingültige Gleichung für die Berechnung des Abbau-Beiwertes entwickelt werden, deren Ergebnisse gut mit den völlig unabhängig davon an großtechnischen Anlagen gewonnenen Werten übereinstimmen. /5, 9/

Die folgende Gleichung (1) für die Berechnung von K_1 lautet /5/:

$$K_1 = \frac{\bar{t}^{\,-1/(1{,}391 + 1{,}304/T + (0{,}061 + 0{,}05 . T)/L)}}{0{,}327 + 10{,}277/T + 1/((0{,}25 + 0{,}476/T) . L)}$$

$\bar{t}$ = mittlere theoretische Verweilzeit des Wassers im Gesamtsystem (d)
K_1 = Geschwindigkeitsbeiwert des biochemischen Abbaus (d^{-1})
T = mittlere Wassertemperatur in der betreffenden Jahreszeit (°C)
L = BSB_5-Raumbelastung ($g/m^3 \cdot d$).

Nachdem K_1 berechnet ist, kann der BSB_5 im Ablauf des letzten Teiches (s_n) nach der Gleichung für eine Rührkesselkaskade ermittelt werden:

$$s_n = \frac{s_0}{\left(1 + \frac{K_1 \cdot t}{n}\right)^n} \qquad (2)$$

s_0 = BSB_5 im Zulauf
n = Anzahl der hintereinandergeschalteten Teiche.

Normalerweise (s. /6/) sind drei Teiche vorzusehen ($n = 3$).

Die Eignung der anhand von Labormodellen entwickelten Gleichung (1) soll im folgenden durch den Vergleich mit Meßwerten von großtechnischen Anlagen im Norden der DDR demonstriert werden. Wenn auch die Zusammenfassung aller zur Verfügung stehenden Meßwerte für vier Teichanlagen noch keinen Stichprobenumfang ergibt, der den Anforderungen einer exakten statistischen Analyse genügt, erfüllt sie den hier vorgesehenen Zweck. In den Abbildungen 1 bis 4 sind die Summenhäufigkeitskurven des gemessenen BSB_5 im Zulauf (s_0) und im Ablauf des letzten Teiches (s_3) getrennt für die vier Jahreszeiten dargestellt. Der ausgezogene Teil der die Punkte verbindenden Kurve wurde (nach einer Regression) berechnet, die Zahlen kennzeichnen den Medianwert für s_0 bzw. s_3. Man erkennt, daß in allen Jahreszeiten Median-

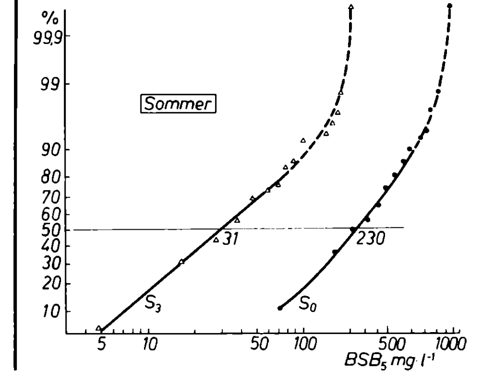


Bild 1 Verteilung der prozentualen Summenhäufigkeit des BSB_5 im Zulauf (s_0) und Ablauf des dritten Teiches (s_3) von vier Teichanlagen im Sommer (VI, VII, VIII). Die horizontale Linie bei 50% kennzeichnet den jeweiligen Medianwert

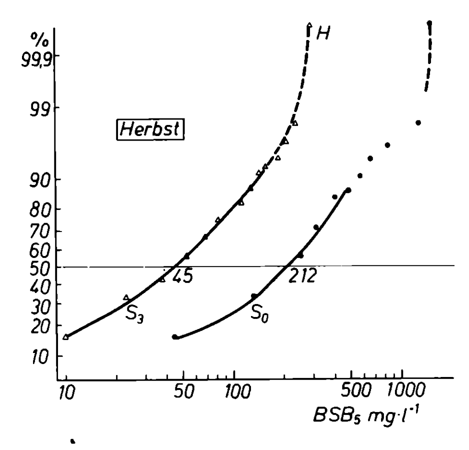


Bild 2 Wie Bild 1, Herbst (IX, X, XI)

Tafel 1 Vergleich von gemessenen und berechneten Werten der Ablaufbeschaffenheit (BSB_5) in vier dreistufigen Abwasserteich-Anlagen im Norden der DDR s_0 = BSB_5 im Zulauf, s_3 = BSB_5 im Ablauf des 3. Teiches, mg/l mittlere theor. Verweilzeit (Durchschnitt aller 4 Anlagen) = 18 Tage, N = Gesamtzahl der jeweils vorhandenen Meßwerte

Jahreszeit	s_0 gemessen Median	N	s_3 gemessen Median	N	mittlere Wassertemp. (°C)	s_3 berechnet (Gl. (1))	s_3 Vorgabe nach TGL 28722	% Abbau gemessen	% Abbau berechnet
Sommer (VI, VII, VIII)	230	67	31	66	20	39	30	87	83
Herbst (IX, X, XI)	205	53	45	57	10	54	50	78	74
Winter (XII, I, II)	180	42	71	43	4	71	70	61	61
Frühjahr (III, IV, V)	171	65	46	65	10	45	50	73	74

werte für s_0 auftreten, die, wenn auch mit verminderter Häufigkeit, wesentlich höher liegen als der für häusliches Abwasser normalerweise angenommene Wert von 250 mg/l. Dies ist ein Hinweis auf eine zusätzliche Belastung, beispielsweise durch Molkereiabwässer oder Silosickersaft. Andererseits kommt im Verlauf der Kurven (mit Werten für $s_0 \ll 250$ mg/l) auch die Verdünnung durch den Regenabfluß zum Ausdruck. In Tafel 1 sind den BSB_5-Meßwerten (s_0, s_3) die nach Gl. (1) und (2) berechneten Werte für s_3 gegenübergestellt. Der Vergleich von gemessenem und berechnetem prozentualem Abbau zeigt eine gute Übereinstimmung. Gleichzeitig wird deutlich, daß die dem Standard TGL 28722 entsprechenden – nach Jahreszeiten differenzierten – Grenzwerte eingehalten werden (geringfügige Überschreitung um 1 mg/l im Sommer und Winter, Unterschreitung im Frühjahr und Herbst), obwohl die Raumbelastung L wesentlich höher ist als die in /6/ vorgeschriebene ($L = s_0/\bar{t}$). Anlagen außerhalb der DDR weisen meist eine sehr viel niedrigere Raumbelastung auf. /7/

Schlußfolgerungen

Die Notwendigkeit einer Mehrfachnutzung der Wasserressourcen in der DDR zwingt zu entsprechenden Aufwendungen für den Schutz der Gewässer. In diesem Zusammenhang erhält auch die Abwasserbehandlung für Landgemeinden zunehmend Bedeutung. Natürlich belüftete Abwasserteiche zeichnen sich durch ein großes Selbstregulations- und Pufferungsvermögen aus und arbeiten, sofern sie richtig bemessen sind, im Regelfall sehr zuverlässig.

In der vorliegenden Arbeit wird die Bemessungsgleichung vorgestellt, die den in /6/ verwendeten Nomogrammen zugrunde liegt. (In der Wasserwirtschaftsdirektion Saale/Werra, Bezirkslaboratorium Erfurt, liegt zur Nutzung der Gl. (1) und (2) das Programm OX-TEICH für die Kleinstrechner K 1002 und K 1003 vor.) Dadurch ist eine zuverlässige Berechnung des BSB_5-Abbaus für geplante Anlagen möglich. Ein Vergleich mit Meßwerten von Abwasserteichen in tropischen Ländern ergab ebenfalls eine sehr gute bis gute Übereinstimmung /5, 8, 9/ zwischen gemessenen und den nach Gl. (1) und (2) berechneten Werten.

Literatur

/1/ *Uhlmann, D.; Klose J.*: Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten von Oxydationsteichen. In: „Wasserwirtschaft – Wassertechnik" **9** (1959), H. 11, S. 502–509

/2/ *Uhlmann, D.; Wegelin, R.*: Oxydationsteiche: Theorie, Betriebserfahrungen, Hinweise für Bau und Betrieb. In: Mitt. Wiss.-Techn. Zentrum Leipzig. VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung **1** (1967) 1, S. 1–36

/3/ *Schmidt, G. P.; Zunk, S.*: Untersuchungen über die Abwasserreinigung in Oxydationsteichen. In: Z. ges. Hygiene u. Grenzgebiete **14** (1968) 2 S. 131–143

/4/ Arbeitsblatt Oxydationsteiche. VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle (2. 1. 1966), S. 1–17

/5/ *Uhlmann, D.; Recknagel, F.*: Dimensioning of ponds for biological waste treatment. In: Proceed. Internat. Scientific Workshop (SCOPE/UNEP) "Ecosystem dynamics in wetlands and shallow water bodies", Vol. **2** Centre of Internat. Projects GKNT, Moscow, 1982, S. 403–420

(Die weiteren Literaturangaben liegen der Redaktion vor und werden auf Wunsch zugesandt.)

Bild 3 Wie Bild 1, Winter (XII, I, II)

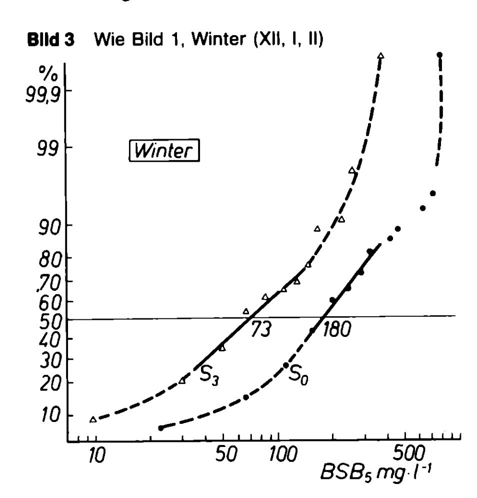
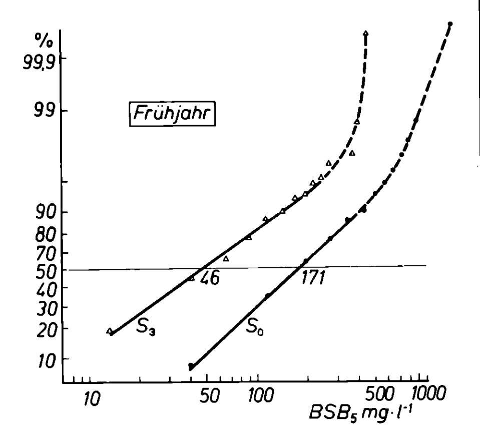


Bild 4 Wie Bild 1, Frühjahr (III, IV, V)





Arbeit der KDT

KDT-Empfehlung W 5

Einsatz von Spannbetondruckrohren nach TGL 33510/01

Erarbeitet vom FUA Wasserverteilung

Die vorliegende KDT-Empfehlung stellt das neue Erzeugnis vor, informiert über das lieferbare Sortiment und weist auf bestehende Vorschriften hin.

KDT-Empfehlung W 6
Filtrationsverfahren in der Wasseraufbereitung

Erarbeitet vom FUA Wasseraufbereitung

Die Empfehlung soll dem Anwender bei der Auswahl des optimalen Filtrationsverfahrens für sein Anwendungsobjekt (Intensivierungs-, Erweiterungs- oder Neubaumaßnahmen) helfen. Die Ausführungen beziehen sich vorrangig auf die verfahrenstechnische Lösung.

KDT-Empfehlung W 7

Empfehlungen zum weiteren Einsatz bituminierter Stahlrohre für Wasserleitungen

Erarbeitet vom FUA Wasserverteilung

Die Ausarbeitung nennt die Maßnahmen zur Sicherung einer durchgängigen Erzeugnisqualität in den Phasen Vorbereitung und Projektierung, Erzeugnisentwicklung und -fertigung sowie Baudurchführung und -kontrolle. Außerdem werden die den Einsatz von Aktivanoden für den Innenschutz und die die Anwendung von Stahlrohren ohne Innenschutz betreffenden Probleme benannt.

KDT-Empfehlung SW 1
Eisfreihaltung von Stahlwasserbauten

Erarbeitet vom FA Stahlwasserbau

Die Empfehlung unterstützt Entscheidungsfindung und Auswahl geeigneter Methoden. Sie enthält

- Kriterien zur Notwendigkeit der Eisfreihaltung von Stahlwasserbauten
- Systematik zur Ermittlung notwendiger Maßnahmen
- Methoden zur Eisfreihaltung (konstruktive Methoden, Luftstrudelverfahren, Beheizung von Stahlwasserbauten)
- Schlußfolgerungen und Literaturverzeichnis

Sämtliche Empfehlungen sind zum Selbstkostenpreis zu beziehen vom VE Kombinat PROWA, BT Forschungszentrum Wassertechnik, Außenstelle Leipzig, Abt. LID, **7027 Leipzig,** Am Wasserwerk.

Analyse des Strömungs- und Stofftransportszenariums für ein Oberfächengewässersystem unter Verwendung des generalisierten Programmpakets GRABEN & GRAPH

Dr. Helmut BAUMERT; Dipl.-Hydrol. Dirk FROTSCHER; Obering. Eberhard GLOS; Ing. Hans SCHMIDT
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft

Mathematische Modelle sind unerläßliche Hilfsmittel der Planung, vor allem dann, wenn Naturexperimente praktisch unmöglich sind. Letztgenannter Grund liegt z. B. bei der Untersuchung von Steuerstrategien für den Durchfluß zur Lenkung von Schadstoffwolken in Gewässernetzwerken vor. Zur Simulation solcher Prozesse ist das Programmpaket GRABEN & GRAPH geeignet, dessen allgemeine Merkmale, besonders die zugrunde liegenden physikalischen Gesetze und Modellgleichungen, bereits in /8/ mitgeteilt wurden. Im folgenden sollen anhand eines ausgewählten Beispiels Einsatzmöglichkeiten und -grenzen des Pakets vorgestellt werden.

Das Gewässersystem am Zusammenfluß von Spree und Dahme besteht aus quasi-natürlichen Flüssen, Seen und Kanälen, die ein kompliziertes Netzwerk bilden (Bild 1). Wasserstände und Ausflüsse werden durch Wasserbauwerke an den Knoten IV, V und VII gesteuert, die aus parallel angeordneten Schleusen mit überströmtem Wehr (IV) bzw. Grundablässen (V, VII) bestehen. Das System ist dadurch hydraulisch gut steuerbar und besitzt außergewöhnlich geringe Fließgeschwindigkeiten und Gefälle. Das erforderte die besondere Schätzung der Eingabedaten (Parameter und Parameterbeziehungen) der o. g. Rechnerprogramme. Im folgenden werden dazu einige Details und Simulationsergebnisse mitgeteilt. Ein Überblick zur Gesamtarbeit in diesem Bereich wurde bereits in /2/ gegeben.

Allgemeine physikalische Bedingungen

Das Netzwerk mit einer Gesamtlänge von rund 65 km bildet eine doppelte Schleife mit einigen zusätzlichen Gewässerstrecken (Bild 1). Die meisten Knoten enthalten Zufluß-, Zusammenfluß- und Verzweigungspunkte oder Wechsel der geometrischen Bedingungen. Einige weitere Knoten wurden aus numerischen Gründen hinzugeführt. Es ergaben sich schließlich 27 Knoten mit 28 Strecken. Die allgemeinen hydraulischen und geometrischen Größen (langjährige Mittelwerte) sind aus Tafel 1 zu erkennen. Der langjährige mittlere Ausfluß aus dem System beträgt etwa 50 m^3/s und variiert zwischen 15 m^3/s (Niedrigwasser) und 140 m^3/s (Hochwasser) in extremen Situationen.
Wegen der Wehrregulierung sind die geometrischen Werte fast konstant. Bei starken Regenfällen und daraus folgenden Kanalisationsausflüssen kann sich die Strömungsrichtung in einigen Teilen des Netzes umkehren. Wegen der geringen Fließgeschwindigkeit ist das erwähnte Oberflächengewässersystem empfindlich gegen Windeinflüsse. Der Vergleich der Ähnlichkeitszahl G

$$G = E^{ind}/E^{konv}$$

der Unteren Spree und der Unteren Elbe ergab ein Verhältnis von 10^2 bis 10^5:1, (E^{ind}: windinduzierte kinetische Energie, E^{kon}: kinetische Energie der gravitationsbedingten konvektiven Strömung).

Empirische Grundlagen

Die Grundlage zur Modellierung und Simulation des Strömungs- und Transportprozesses des Netzwerkes war ein großangelegtes Programm von Felduntersuchungen von 1976 bis 1979, das etwa 280 quasi-simultane Durchflußmessungen in den Hauptzweigen des Systems und weitere neun Experimente mit radioaktiven Tracern erbrachte. Letztere ergaben Aktivitäts-Zeit-Kurven im Durchschnitt an drei Punkten unterhalb des Injektionspunktes entsprechend einer maximalen Beobachtungszeit der Tracerwolken von 18 h und einer maximalen Halbwertbreite h_t von 2 h oder 500 m.

Modell-Konzept und -beschränkungen

Es werden nur eindimensionale, nichtstationäre (longitudinale) Wasser- und Stoffbewegungen betrachtet, die durch Querschnittsmittelwerte der Geschwindigkeiten, Wasserstände und Konzentrationen beschrieben werden. Vom Modellkonzept werden damit folgende Erscheinungen nicht erfaßt:

- Transport in Seen
- Transport von absinkenden oder schwimmenden Stoffen
- Quervermischung.

Das verwendete mathematische Modell ist das System der mathematischen Grundgleichungen der Rechenprogramme GRABEN & GRAPH. Die Gleichungen enthalten die folgenden physikalischen Parameter, die für alle Netzwerkstrecken für die Anwendung von GRABEN & GRAPH bekannt sein müssen:

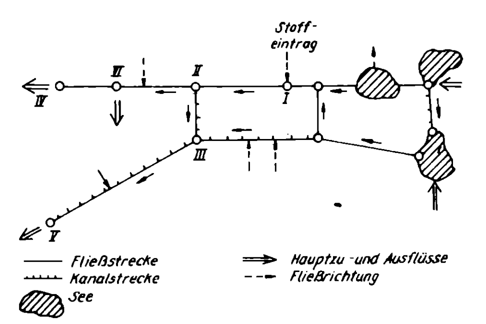


Bild 1 Struktur des betrachteten Gewässernetzwerkes

- Rauhigkeitsparameter nach Manning
- Transportgeschwindigkeit V_T des Stoffs als Funktion der Fließgeschwindigkeit $V = Q/A$ und der Querschnittsgeometrie
- Längsvermischungskoeffizienten D als Funktion von V_T und anderen Größen.

Rauhigkeitswert nach Manning

Die Verteilung dieses Parameters innerhalb des Netzes wurde ermittelt und ein Teil davon mit Hilfe des einfachen, schnell berechenbaren stationären Modells NETZ des Systems berechnet, indem ein allgemeiner Ansatz für hydraulische Widerstände durch Optimierung angepaßt wurde. /2/ Dazu wurden die o. g. Durchflußmessungen genutzt. In den Fällen, wo Wasserspiegeldifferenzen größer als die üblichen Beobachtungsfehler waren, wurden auch diese zur *Manning*-Wertbestimmung benutzt.

Transportgeschwindigkeit

Durch Analyse der Schwerpunktbewegung von radioaktiven Tracerwolken konnte festgestellt werden, daß die Transportgeschwindigkeit v_T generell größer als $v = Q/A$ war.
Folgende Bedingungen galten dabei:

- Der betrachtete Gewässerabschnitt besitzt eine unregelmäßige Geometrie mit Tot-Zonen.
- Die Geschwindigkeit $v = Q/A$ ist < 16 cm/s.

Es ergab sich die Näherungsbeziehung (vgl. Bild 2):

$$v_T = \gamma \cdot v \qquad (1)$$

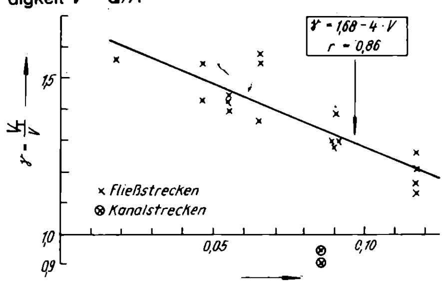
$$\gamma = \begin{cases} 1{,}68 - 4° \,/v/, & \text{Flüsse } (v < 16 \text{ cm/s}) \\ 1{,}0 & \text{, Kanäle.} \end{cases} \qquad (2)$$

Der Mittelwert aller Versuche betrug = 1,35. Im Sinne der Extrapolierbarkeit von (1) wäre der Ansatz

$$\gamma = 1 + \frac{a}{(b + v)^n} \text{ mit } \lim_{v \to \infty} \gamma = 1, \ \lim_{v \to \infty} V_T = V \qquad (3)$$

besser geeignet.

Bild 2 Multiplikator γ der Transportgeschwindigkeit v_T in Abhängigkeit von der Querschnittsgeschwindigkeit $v = Q/A$



Tafel 1
Allgemeine hydraulische und geometrische Größen (langjährige Mittelwerte)

	Flüsse	Kanäle
mittlere Tiefe	1,9 bis 4,2 m	1,8 bis 2,1 m
Spiegelbreite	40 bis 500 m	28 bis 34 m
Fließquerschn.	75 bis 2000 m²	56 bis 60 m²
*Manning*wert	17 bis 36 m$^{1/3}$/s	30 bis 50 m$^{1/3}$/s
mittlere Fließgeschw.	0,015 bis 0,12 m/s	0,06 bis 0,18 m/s
Wasserspiegelgefälle	3.10^{-7} bis 8.10^{-6}	8.10^{-7} bis 4.10^{-6}

In geometrisch irregulären oder durchflußseitig instationären Flußsystemen wird eine transportierte Tracerwolke ständig durch Geschwindigkeits- und Geometrie-Einflüsse verformt. Deswegen ist es zur Bestimmung des Vermischungskoeffizienten D aus beobachteten h_t-Werten erforderlich, nur Strömungsabschnitte zu verwenden, wo diese Einflüsse sich nicht wesentlich ändern. Unter dieser Voraussetzung wurde folgende Beziehung verwendet /9/:

$$D = \frac{1}{2} \cdot v_T^2(t) \cdot \frac{d\sigma_t^2(t)}{dt} \approx 0{,}0905 \cdot v_T^2 \cdot \frac{h_t^2(t2) - h_t^2(t1)}{t2 - t1}, \quad (4)$$

wobei

$$\sigma_t^2 = (\sigma_x / v_T)^2$$

$$h_t = 2{,}36 \cdot \sigma_t$$

$$\sigma_x^2 = 2 \cdot \int_0^t D(t')\,dt' \quad (5)$$

$t1$ und $t2$ sind die Scheitelzeitpunkte am Querschnitt 1 bzw. 2 unterhalb der Impfstelle. Der Vermischungskoeffizient wurde zeitabhängig gefunden. Dieses Ergebnis stimmt mit Beobachtungen von Vermischungsprozessen in Ozeanen und Küstengewässern überein. /6/ Zwei physikalische Gründe für die Zeitabhängigkeit können gegeben werden:

(a) Der turbulente Diffusionskoeffizient ε hängt für kleine t von der Zeit t ab /6/:

$$\varepsilon(t) = \int_0^t \Phi(t')\,dt' \approx \varepsilon_\infty (1 - e^{-t/\tau}), \quad (6)$$

wobei Φ die Autokorrelationsfunktion der turbulenten Lagrange-Geschwindigkeits-Fluktuation und τ die *Lagrange*-Makro-Zeitskala der Fluktuation ist.

(b) In der Anfangsphase ist der Dispersionskoeffizient zeitabhängig, wofür z. B. in /5/ die empirische Beziehung

$$D_L = D_L^\infty \left(2\frac{t}{\lambda + t} - \frac{t^2}{(\lambda + t)^2}\right) \quad (7)$$

angegeben wurde. Dabei ist $0{,}4 \cdot \lambda$ die Halbsättigungszeitkonstante ($D_L = D_L^\infty/2$).

Der Vermischungskoeffizient ist $D = D_L + \varepsilon$ und damit auch zeitabhängig. Eine detaillierte Schätzung der physikalischen Parameter τ, ε_∞, λ, D_L^∞ war auf Grund der großen relativen Fehler und der Unsicherheiten der Meßwerte nicht möglich. Statt dessen wurde eine einfache Näherung entsprechend der folgenden physikalisch sinnvollen Beziehung gewählt:

$$D = D_\infty \frac{t}{T + t}, \; D_\infty = D_0 v_T^\alpha, \; T = T_0 \cdot v_T^{-\beta} \quad (8)$$

Auf der Basis von Gl. (8) wurde mit Hilfe eines programmierbaren Tischrechners im Dialog-Betrieb eine Kompromiß-Optimierung vorgenommen, die folgenden Kriterien genügte:

- Minimierung des Abweichungsquadrats zwischen berechneten und beobachteten h_t-Werten
- bias-freie Schätzung der h_t-Werte
- Extrapolierbarkeit von D.

Zur Beachtung der letztgenannten Bedingung wurden veröffentlichte Werte mit herangezogen. /1, 4/

Man erhielt schließlich

$D_0 = 17{,}1$ m²/s $\quad \alpha = 1{,}34$

$T_0 = 31{,}3$ min $\quad \beta = 0{,}95$

mit einem mittleren Fehler von 30 Prozent hinsichtlich der beobachteten Halbwertbreiten (vgl. Bild 3). Damit ist das System vollständig im Sinne eines o. g. eindimensionalen Modellkonzepts beschrieben, und die Parameter stehen für Simulationen und Scenario-Analysen bereit.

Hydraulische Umlenkungssteuerung einer Schadstoffwolke durch Wehrregulierung

Im mittleren Teil des Gewässernetzes, besonders in der Umgebung des Knotens I, ist eine Anzahl von Einläufen aus Abwasserkläranlagen angeordnet. Im Fall eines Anlagenausfalls, d. h. eines zeitlich begrenzten intensiven Schadstoffeintrags in den Fluß, würden etwa 93 Prozent der Gesamtstoffmenge durch den Knoten IV (Bild 1) abfließen, wenn keine speziellen Steuermaßnahmen ergriffen würden. Eine maximale Verminderung der Konzentration und der Fracht wird jedoch gerade am Knoten IV gewünscht. Deshalb wurde die Umlenkung der Stoffwolke von Knoten II über III und V untersucht.

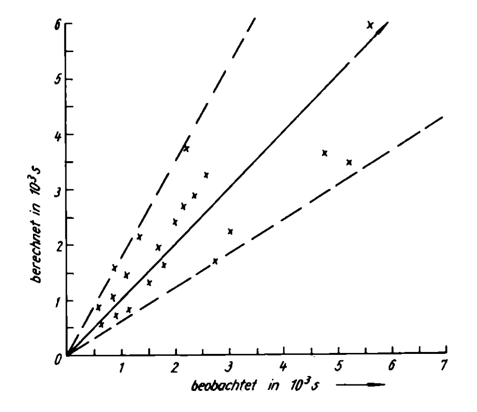
Die notwendige hydraulische Umlenksteuerung kann durch Schließen der Wehre in Knoten IV und VII und zusätzliche Öffnung des Auslasses in Knoten V erreicht werden. Nach Stoffdurchgang in Knoten III werden die Verschlüsse wieder auf die Anfangsstellung zurückgestellt. Während der Schließzeit der Auslässe ist der Systemzufluß (unter Normalbedingungen) größer als der Ausfluß. Die Differenz muß gespeichert werden, wobei der Wasserspiegel ansteigt. Dieses vollständig instationäre Strömungs- und Transportszenarium wurde mit den Programmen GRABEN & GRAPH simuliert. Ziel war, praktische Steuerregeln der Wehre festzulegen, Steuereffekte abzuschätzen und Konzentrations- und Frachtreduktionen am Knoten IV im Vergleich mit einem nichtgesteuerten Szenarium herzustellen. Der Stoffeintrag am Knoten I wurde mit einer Dauer von etwa 1 h und der Stoff als konservativ angenommen. Der Anfangsdurchfluß entsprach einer langjährig mittleren Situation.

In Bild 4 werden dynamische Konzentrationsganglinien (Schadstoffganglinien) für ausgewählte Knoten wiedergegeben. Auf Grund der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Transportgeschwindigkeit variiert die Halbwertbreite h_t der Ganglinien ganz erheblich. Es ist deshalb günstiger, nur maximale Konzentrationen und Frachen zu betrachten und zu diskutieren. Eine weitere sinnvolle Größe wäre der sich ständig vergrößernde kontaminierte Wasserkörper.

Die Konzentrationsminderung am kritischen Knoten IV beträgt über 50 Prozent verglichen mit dem Fall ohne Steuerung. Die Stoffmassenreduktion beträgt etwa 60 Prozent. Offensichtlich ist eine vollständige Reduktion nicht möglich. Es muß dazu bemerkt werden, daß eine vollständige Schließung der Auslässe nicht möglich ist (Spaltwasserverluste, Restüberlauf über die Wehre), außerdem verursacht der Speicherungszufluß eine zusätzliche Strömung in die „falsche" Richtung.

Das diskutierte Beispiel zeigt, daß die Anwendung von GRABEN & GRAPH geeignet ist, komplizierte Fragen des Strömungs- und Stofftransportgeschehens in Oberflächengewässernetzwerken, die z. B. bei der Vorbereitung wasserbaulicher Maßnahmen oder der Planung operativer Systeme entstehen, zu beantworten. Allerdings darf der Arbeitszeitaufwand für die Abarbeitung der Programme im traditionellen Stapelbetrieb eines Rechenzentrums nicht unterschätzt werden, da relativ viele Datenlochkarten verarbeitet werden. Im Bildschirmdialog reduziert sich daher die Bearbeitungszeit erheblich.

(Literatur wird auf Wunsch zugesandt.)



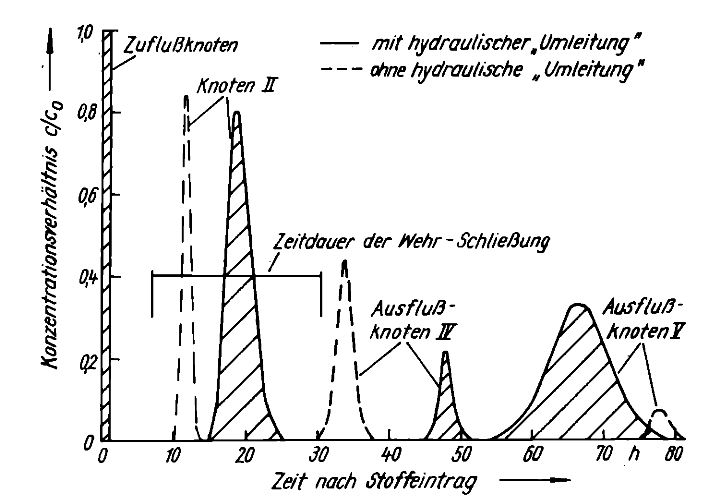


Bild 3 Beobachtete und berechnete Halbwertbreiten der Tracerwolken

Bild 4 Simulierte Konzentrationsganglinien an verschiedenen Knoten des Netzwerkes

Mathematische Modellierung von Schadstoffwellen in Fließgewässern

Dipl.-Ing. Augustin NEJEDLY, Kandidat der Technischen Wissenschaften
Beitrag aus dem Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstitut, Prag

Das gelegentliche Vorkommen von Schadstoffwellen in Flüssen ist eine für industriell und wasserwirtschaftlich entwickelte Länder charakteristische Erscheinung. Mit dem Fortschritt praktischer Maßnahmen auf dem Gebiet der Abwasserbehandlung gibt es immer weniger ständig verschmutzte Flußabschnitte. Dagegen steigt die Häufigkeit von Havarien, d. h. von vorübergehender und unerwarteter Flußverschmutzung. Deshalb ist es notwendig, daß die mit der Verwaltung von Wasserläufen betrauten Organisationen Mittel zur Verfügung haben, die ihnen die Vorhersage und auch die nachträgliche Rekonstruktion des Ganges von solchen Schadstoffwellen ermöglichen.

Im Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstitut in Prag befaßt man sich seit 1954 mit dem Problem der Längsdispersion, um den Gang von Schadstoffwellen im Fließgewässer durch mathematische Modelle für bestimmte Flußabschnitte im voraus berechnen zu können.

Am Anfang wurde der Längsdispersionsprozeß vor allem als Problem der Strömungsstruktur mit Rücksicht auf die biologischen Prozesse der Selbstreinigung der Flüsse betrachtet. Später begann auch das Interesse am Längsdispersionsprozeß im Sinne der Translation und Transformation von Schadstoffwellen.

Für beide Aspekte werden im Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstitut zwei verschiedene, aber komplementäre Bewertungsarten der Meßresultate angewendet. Im ersten Fall arbeitet man mit dem Koeffizienten der Längsdispersion D_L (m²/s), im zweiten Fall mit Wahrscheinlichkeitsspektren der Aufenthaltszeit des Wassers zwischen Paaren von Flußprofilen. In diesem Beitrag beschränken wir uns auf den zweiten Fall.

Modell-Identifizierung

Zur Identifizierung des mathematischen Modells von Stoffwellen gingen wir von der Ansicht aus, daß das Modell zwei Funktionen zu erfüllen hat, zum einen eine Simulationsfunktion, zum anderen eine Interpolationsfunktion.

Unter Simulation verstehen wir die Aufstellung eines sekundären Signals im Profil 2x, auf Grund eines bekannten primären Signals im Profil 1x. Wenn das Profil 1x oberhalb des Profils 2x liegt, sprechen wir von der Vorhersage des Stoffwellenverlaufs. Wenn das Profil 1x unterhalb des Profils 2x liegt, sprechen wir über die Rekonstruktion des Stoffwellenverlaufs. Im ersten Falle ist das Profil 2x gewöhnlich identisch mit einem Wasserprobeentnahmeprofil, im zweiten Falle mit dem Profil der Entstehung der Schadstoffwelle.

Als Interpolations- bzw. auch Extrapolationsfunktion des Modells besteht die Möglichkeit, es im weitesten Bereich der Durchflußwerte zu verwenden, d. h. nicht nur bei Durchflüssen, bei denen die Schadstoffwellen gemessen werden. Bei der Identifizierung des Modells sind wir von der Erfahrung ausgegangen, daß die Aufzeichnungen des Schadstoffwellenverlaufs in den einzelnen Profilen (Dispersionsdiagramme) den Charakter statistischer Verteilungen haben, die anfangs schräg mit positiver Asymmetrie sind und deren Schrägheit von Profil zu Profil allmählich abnimmt.

Das statistische Merkmal ist die Zeit t. Im Sinne der Häufigkeit (Frequenz) figuriert die Konzentration des bestimmten Stoffes entweder absolut (z. B. in mg/l) oder relativ (z. B. in imp/min). Die Fläche des Dispersionsdiagramms A hat den Charakter des Produkts von Konzentration und Zeit, mit der Dimension (mg/l)min oder (imp/min)min = imp. Wenn wir den Flächenumfang A mit dem Durchfluß Q (m³/s) im gegebenen Profil multiplizieren, erhalten wir

$$M = A \cdot Q \cdot 60/1000 \quad (1)$$

M (kg) = Menge der durch das Profil gehenden Stoffe.

Das allmähliche Entschwinden der Asymmetrie der Dispersionsfiguren ist ein asymptotischer Prozeß. In einer ausreichenden Entfernung von der Stelle, an der die Stoffwelle entsteht, gilt folgende Gleichung:

$$t_M - t_{Mod} = \text{Konst.} \quad (2)$$

Da die Varianz s^2 der Durchgangszeit einer Stoffwelle mit der Entfernung des Meßquerschnittes von der Stelle ihrer Entstehung ins Unendliche wächst, konvergiert der Wert des Verhältnisses $(t_M - t_{Mod})^2/s^2$ zu Null. Das hat eine wichtige praktische Konsequenz. Man erkennt, daß es im Prinzip gleichgültig ist, ob die mittlere Aufenthaltsdauer des Wassers zwischen zwei Profilen 1x, 2x als Abstand der Schwerpunkte beider Dispersionsdiagramme

$$2_{t_M} - 1_{t_M} = \Delta_{t_M} \quad (3)$$

oder als Abstand derer Modifikation

$$2_{t_{Mod}} - 1_{t_{Mod}} = \Delta_{t_M} \quad (4)$$

bestimmt wird.

Das erklärt, warum beide Arten verwendet werden können. Obwohl die zweite manchmal einfacher ist, muß die erste allgemein bevorzugt werden; denn bei multimodalen oder beträchtlichen flachen Distributionen ist es oft schwierig, die Lage der Komponenten richtig zu bestimmen.

Kehren wir aber zur anfänglichen Schrägheit der Dispersionsfiguren zurück. Diese Eigenschaft wird durch die Bedingungen der Entstehung der Stoffwelle hervorgerufen. Durch eine augenblickliche Zugabe des Tracers bei der Arbeit mit künstlichen Stoffwellen kann die anfängliche Schrägheit der Dispersionsbilder im großen Maße begrenzt werden. Sie ganz auszuschalten ist aber praktisch nicht möglich, evtl. bei Anwendung einer ziemlich anspruchsvollen und komplizierten Dosierungsapparatur.

Unser Modell muß jedoch auch für die Arbeit mit natürlichen Stoffwellen dienen, bei denen sich die anfängliche Schrägheit der Dispersionsbilder besonders bemerkbar macht. Aus diesem Grunde benutzen wir zwei unterschiedliche Begriffe:

Bild 1 Ölhavarie auf der Sázava; Transport emulgierter Ölstoffanteile längs des Flusses; Ausgleich mittels Exponential-Kurve

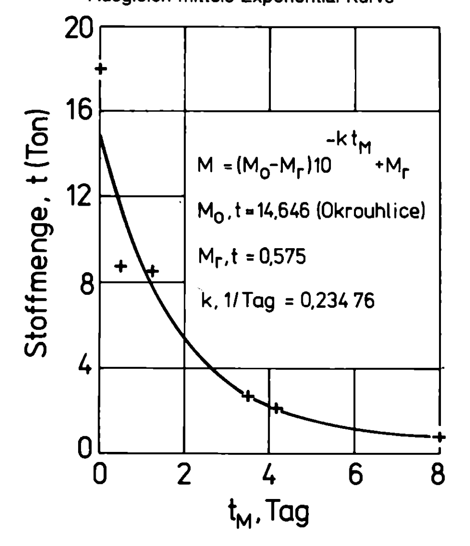
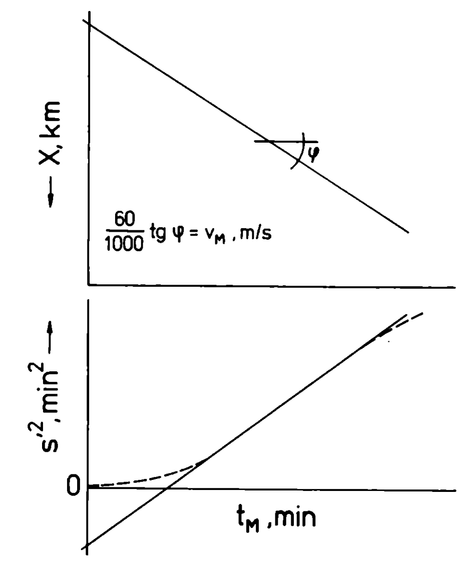


Bild 2 Schematische Darstellung von Meßergebnissen in einem homogenen Flußabschnitt für deren nachträgliche Beurteilung. In praktischen Fällen ist die relative Homogenität des Flußabschnittes zu berücksichtigen.



(a) die Durchgangszeit t in einem Flußquerschnitt oder die Zeiten des Stoffdurchganges 1_t, 2_t in den Profilen 1x, 2x
(b) die Aufenthaltsdauer oder Verweilzeit $\Delta t = 2_t - 1_t$ zwischen zwei Flußquerschnitten 1x, 2x.

Über die Beziehung der mittleren Aufenthaltszeit Δt_M zum Durchfluß ist allgemein bekannt, daß sie den Charakter einer Potenzfunktion

$\Delta t_M = m_M \cdot Q^{n_M}$ besitzt. (5)

Mit Rücksicht darauf, daß der Durchfluß im Längsprofil des Flusses wächst, schreiben wir die Gleichung (5) in der Form

$$t_M = m_M \cdot Q_{ref}^{n_M}, \qquad (6)$$

wobei Q_{ref} (m³/s) den Durchfluß im sogenannten Referenzprofil bedeutet. Dieser kann innerhalb oder auch in Nähe des betreffenden Flußabschnittes liegen.

Es gibt keinen offensichtlichen Grund dafür, warum das Potenzverhältnis nur die mittlere Aufenthaltszeit betreffen sollte. Es scheint, daß es auch zu dem Modus t_{Mod}, Median Δt_{Med} und überhaupt auf das ganze Spektrum der Wasseraufenthaltszeiten Δt_p erweitert werden kann. Der Index P bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, mit der ein bestimmter Wert der Aufenthaltszeit im ganzen Spektrum vorkommt. Daraus geht hervor, daß Gleichung (3) allgemeiner geschrieben werden kann: $2_{t_p} - 1_{t_p} = \Delta t_p$. (7)

Gleichung (7) besagt, daß das Wahrscheinlichkeitsspektrum der Aufenthaltszeiten des Wassers Δt_p zwischen Profilen 1x, 2x durch den Unterschied der Wahrscheinlichkeitsspektren der Durchgangszeiten 1_{t_p} respektive 2_{t_p} in den beiden Grenzprofilen gegeben ist. Die Werte 1_{t_p}, 2_{t_p} sind daher Quantile der Durchgangszeit des betreffenden Stoffes oder der Stoffwelle durch Profile 1x, 2x, wogegen Δt_p Quantile der Aufenthaltszeit des Wassers zwischen diesen Profilen sind. Wenn wir die Profile 1x, 2x in einer größeren Entfernung von der Stelle des Anfangs der Schadstoffwelle wählen, sind beide Spektra der Werte 1_{t_p}, 2_{t_p} normal oder wenigstens praktisch normal verteilt. Eine normale Verteilung werden dann auch die Werte des Spektrums Δt_p aufweisen.

Wenn jedoch in den Profilen 1x, 2x die Spektren noch verhältnismäßig schräg sein werden, Spektrum 1_{t_p} mehr und Spektrum 2_{t_p} weniger, kann man hoffen, daß Spektrum Δt_p zwar leicht schräg sein wird, es aber ohne größere Schwierigkeiten durch normale Verteilung approximiert werden kann.

Aus dieser Erwägung entstand unser Modell. Es wird durch die Gleichung einer Geraden

$$\Delta t_p = \Delta t_M + k\, u_p \qquad (8)$$

identifiziert, in der die abhängige veränderliche Größe Δt_p das Wahrscheinlichkeitsspektrum der Wasseraufenthaltszeiten ist, d. h. eine Reihenfolge der den Wahrscheinlichkeitswerten P entsprechenden Quantile; u_p ist das inverse Normal-Integral, das hier als unabhängig veränderliche Größe figuriert; k und Δt_M sind die Parameter der Geraden oder linearisierten Normalverteilung, wobei k ihren Richtungskoeffizienten und Δt_M als mittlere Aufenthaltszeit ihren Abschnitt auf der vertikalen Achse vorstellt.

Es ist möglich, nicht nur die mittlere Aufenthaltszeit Δt_M lt. Gleichung (6), sondern auch den Koeffizienten k als eine Potenzfunktion des Durchflusses darzustellen:

$$k = m_k \cdot Q_{ref}^{n_k}. \qquad (9)$$

Durch das Einsetzen der Ausdrücke aus den Gleichungen (6) und (9) in die Gleichung (8) erhalten wir die resultierende Gleichung des erwünschten Stoffwellen-Modells:

$$\Delta t_p = m_M \cdot Q_{ref}^{n_M} + m \cdot Q_{ref}^{n_k} u_p. \qquad (10)$$

Die Verwendung der Gleichung (10) ist sowohl bei manueller Berechnung als auch bei Anwendung der Rechentechnik einfach.

Die Skala der Wahrscheinlichkeitswerte P wählen wir nach dem Maß der Verallgemeinerung, mit dem wir arbeiten wollen. Mit Hinsicht auf die erforderliche Geschwindigkeit der Kalkulation kommt im allgemeinen nur $P = 0{,}05$, 0,15 bis 0,95 in Betracht. Bei Anwendung eines programmierbaren Rechners, der fähig ist, Werte des inversen Normal-Integrals zu verallgemeinern, kann man das Maß der Verallgemeinerung und auch die Dauer des Rechnens beliebig ändern, und zwar durch die bloße Wahl des Wertes N in der bekannten *Hazen*-Formel $p = \frac{p - 0{,}5}{N}$, (11)

wo N die Anzahl der Skalateile p ihre Reihenfolge bedeuten.

Bestimmung der Parameter des Modells

Zur Bestimmung der Parameter des oben angeführten mathematischen Modells sind Messungen in dem betreffenden Flußabschnitt durchzuführen.

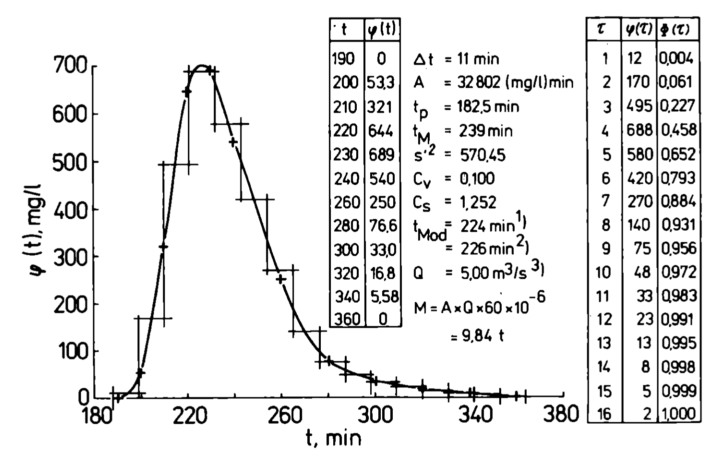
Eine außergewöhnliche Gelegenheit bot sich z. B. 1980 bei der Havarie der Erdölleitung im Einzugsgebiet der Sázava, südöstlich von Prag (Bild 1). Der Wert des Koeffizienten der Unkonservativität für den emulgierten Anteil der Erdölstoffe betrug k $l/d = 0{,}2348$. Der konservative Anteil betrug $M\ t = 0{,}575$.

Die Messung von Stoffwellen ergibt besonders bei Anwendung von Tracern sehr präzise Resultate. Die Meßresultate integrieren den Einfluß der veränderlichen Morphologie des Flußbetts, seine Makro- und Mikrorauhigkeit. Es widerspiegelt sich in ihnen nicht nur der Einfluß der Wassergeschwindigkeitsverteilung im Querschnitt, sondern auch der Einfluß von Wehrstauungen, die an tschechoslowakischen Flüssen sehr häufig sind und in denen die Anwendung des hydrometrischen Flügels versagt.

Absolut unumgänglich sind wenigstens zwei Messungen bei unterschiedlichen Durchflüssen. Das geht daraus hervor, daß die Potenzkurve durch zwei Punkte bestimmt ist. Auf instationäres Verhalten muß geachtet werden. Die notwendige Mischstrecke versuchen wir dadurch zu verkürzen, daß wir den Tracer gleichzeitig an einigen Stellen des Querschnittes zugeben, möglichst im Stromstrich. Wenn wir keine Regel für die a-priori-Wahl der idealen Länge der Mischstrecke haben, versuchen wir, sie wenigstens a posteriori zu beurteilen. Dazu verwenden wir die Erkenntnisse von *Elder* (siehe Bild 2). Über den Gerade-Charakter dieser Beziehung kann man jedoch nur bei prismatischem Flußbett reden, wie sie Versuchsrinnen im Labor aufweisen. Auf natürliche Flüsse kann diese Regel nur bedingt übertragen werden. Die Meßergebnisse, die der angegebenen „linearen" Regel nicht entsprechen, müssen aus der endgültigen Bewertung ausgeschieden werden. Wenn am Ende des sonst homogenen Flußabschnitts die empirischen Punkte von der Geraden abweichen, ist dies ein Zeichen dafür, daß der entsprechende Flußabschnitt allzu lang und der Verlust des Tracers schon zu groß ist. Die Profile zur Messung des Verlaufs der Stoffwelle verteilen wir gleichmäßig, gewöhnlich auch mit Rücksicht auf ihre bequeme Zugänglichkeit. (Wehren, Brücken o. ä., Abwasserausläufen, Wasserentnahmestellen)

Im homogenen Flußabschnitt nehmen wir als absolut minimale Anzahl vier Profile an. An größeren und breiteren Flüssen kann es vorkommen, daß eine Teilung der Probeentnahme im Querschnitt unbedingt notwendig ist, wenigstens am Anfang des gemessenen Flußabschnitts. Wenn wir sagen, daß es nicht notwendig ist, die Messung des Stoffwellenverlaufs im Querschnitt zu teilen, so tun wir das, weil wir das ganze Problem eindimensional lösen, wie es von *Fischer* empfohlen wurde. Dazu sind wir allerdings nur in Flußab-

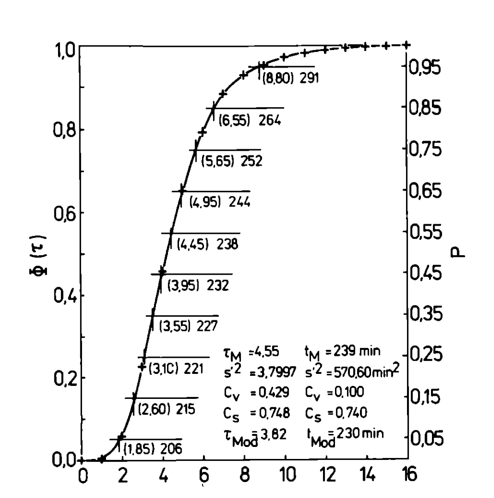
Bild 3 Die Otava, Profil Sušice-Slachthof (X, km = 90,5), Q m³/s = 6,50 (Pegelstation Katovice); Analyse des Primär-Signals in Form einer Dichtelinie; (1) Schätzung mittels Gleichung (22), (2) tatsächlicher Verlauf, (3) Pegelstation Sušice



t	φ(t)
190	0
200	53,3
210	321
220	644
230	689
240	540
260	250
280	76,6
300	33,0
320	16,8
340	5,58
360	0

τ	φ(τ)	Φ(τ)
1	12	0,004
2	170	0,061
3	495	0,227
4	688	0,458
5	580	0,652
6	420	0,793
7	270	0,884
8	140	0,931
9	75	0,956
10	48	0,972
11	33	0,983
12	23	0,991
13	13	0,995
14	8	0,998
15	5	0,999
16	2	1,000

Bild 4 Der gleiche Fall wie in Bild 3; das Primärsignal hier in Form einer Verteilungslinie



schnitten berechtigt, deren Länge die Flußbreite etwa tausendmal überschreitet.
Die zeitliche äquidistante Probenentnahme ist mit Rücksicht auf die folgende mathematische Bearbeitung der Meßresultate nicht notwendig und wäre auch nicht praktisch. Irgendeine Regel für die unbedingt nötige Anzahl von Proben anzuführen ist nicht gut möglich. Bei der Messung des Längsdispersionsprozesses, bei dem man mit einer einfachen, unimodalen Form der Dispersionsbilder rechnen kann, ist es empfehlenswerter, für jedes Profil wenigstens 20 Probeflaschen vorzubereiten. Wichtig ist es, den Anfang, die Kulmination und das Ende des Dispersionsbildes mit Probeentnahmen zu erfassen. Einen großen Vorteil bietet Farbstoff als Tracer wegen der visuellen Beobachtung seines Vorlaufs durch das Profil. Ungefärbte Proben können sofort vernachlässigt werden. Günstig ist auch die kontinuierliche Registrierung des Verlaufs des Nuklids. Eine bestimmte Gefahr, daß das Dispersionsbild nicht richtig gemessen wird, besteht darin, daß die Anzahl des messenden Personals und der Geräte zu gering ist und sie allzu rasch von einem Profil zum anderen umplaziert werden. Einseitig oder sogar beiderseitig nicht geschlossene Dispersionsbilder können nicht bearbeitet werden.

Bearbeitung der Ergebnisse von Feldmessungen

Das primäre Ergebnis der Messung des Längsdispersionsprozesses bzw. des Verlaufs der künstlichen oder natürlichen Stoffwelle sind die in einer Serie von Flußquerschnitten festgestellten Dispersionsbilder. In ihrer ursprünglichen Form kann man die Dispersionsbilder als Frequenzkurven betrachten. Zufallsvariable ist die Zeit t (min). Die Häufigkeit $\varphi(t)$ wird durch die Konzentration C mit einer Dimension von mg/l oder g/m³ (bei Farbstoff) oder relativ, z. B. als imp/min (bei Nukliden), dargestellt. Die Bearbeitung der einzelnen Disperionsbilder beruht
a) auf der Feststellung ihrer statischen Grundcharakteristiken und
b) auf der Umänderung der Dichtelinie, d. h. der Linie der Wahrscheinlichkeitsdichte (Bild 3) zu der Einheits-Verteilungslinie, also der Linie der relativen Kumulationsfrequenz.
Aus dieser wird dann die Reihenfolge der Quantile der Durchgangszeit des untersuchten Stoffes t_p für die gewählte gleichmäßige Skala P abgeleitet (Bild 4).

Die eigentliche Bestimmung der Parameter des Modells

Die Resultate der einzelnen Messungen in einer Profilserie werden zuerst in Graphe eingetragen (Bild 2). Wir wollen uns überzeugen, ob die nötige Länge der Mischstrecke eingehalten wurde und ob der gemessene Abschnitt – mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Messung der Tracerkonzentration – nicht zu lang ist. Dann vergleichen wir die einzelnen Züge des Messens untereinander. Dabei beurteilen wir vor allem die Stationarität des Durchflusses und geben den Ergebnissen gleicher Qualität den Vorzug. Für das Aufstellen des Modells benötigen wir vor allem die Ergebnisse verschiedener Wasserführungen, um den Interpolationsbereich möglichst zu erhalten. Die Resultate der so ausgewählten Messungen tragen wir in eine Tafel ein, und zwar immer für zwei Profile. Eines davon, das wir als „Endprofil" bezeichnen, wählen wir in der Regel für eine größere Anzahl von Teilabschnitten konstant und übereinstimmend mit einem Profil von speziellem Interesse, z. B. mit einem Wasserentnahmeprofil. Dann rechnen wir für die einzelnen Durchflüsse die Werte der Unterschiede $2_{t_P} - 1_{t_P} = \Delta t_P$ aus, gleichen sie mittels der normalen Verteilung aus und bezeichnen die Werte Δt_M und k. An der Anzahl der Q-Werte berechnen wir die Werte der Koeffizienten m_M, n_M, m_k, n_k und bezeichnen die ausgeglichenen Werte Δt_M und k. Dadurch ist die eigentliche Aufstellung des Modells in analytischer Form beendet. Für den schnellen Bedarf des Benutzers stellen wir noch eine Orientierungstafel mit Wahrscheinlichkeitsspektren der Aufenthaltszeit des Wassers zu den sogenannten Standarddurchflüssen her. Außer der analytischen und tabellarischen Form des Modells ist natürlich auch seine grafische Darstellung möglich. Im Hinblick auf die großen Unterschiede der Aufenthaltszeiten bei verschiedenen Durchflüssen ist sie jedoch nicht zweckmäßig.

Anwendung des Modells in der Praxis und seine Bestätigung

Die Anwendung des Modells ist sehr einfach. Nach dem Auftreten einer Schadstoffwelle mißt man den Verlauf dieser Welle in einem weiteren Profil 1x (Bild 3). Das erhaltene primäre Signal in der Form einer Dichtelinie (Wahrscheinlichkeitsdichtelinie) von Durchgangszeiten der Schadstoffwelle wird zu einer Einheits-Verteilungslinie (Linie der relativen kumulativen Häufigkeiten) der Durchgangszeiten umgewandelt (Bild 4).
Zu den erhaltenen Quantilen der Durchgangszeiten der Stoffwelle 1_{t_p} werden dann die entsprechenden Quantile der Aufenthaltszeit des Wassers Δt_P mit Hilfe des Modells für den wirklichen Durchfluß Q_{ref} in dem Referenzprofil verallgemeinert und zugezählt. So erhalten wir die Quantile der Modell-Durchgangszeiten der Stoffwelle (sekundäres Signal) 2_{t_P} im Interessenprofil 2x. Durch Differenzierung der resultierenden Verteilungslinie mit der Zeit erhält man die Vorhersage des Stoffwellenverlaufs wieder in der Form einer Dichtelinie (Bild 5). Schneller als die Differenzierung des sekundären Signals in Form der Verteilungslinie ist seine direkte Annäherung in Form einer Dichtelinie mittels der *Pearson*schen Verteilung des III. Typs, falls es sich um eine schräge Verteilung handelt, oder mittels der *Gaus*schen Verteilung, wenn das sekundäre Signal schon praktisch symmetrisch ist. Das sekundäre Signal kann man danach sehr einfach mit dem tatsächlichen Verlauf der Stoffwelle im Interessenprofil vergleichen. Die Genauigkeit der Vorhersage gleicht dem Grad der Überdeckung der beiden, sonst gleichflächigen Figuren.
Das Ergebnis der Vorhersage bietet dem Benutzer des Modells eine Reihe von wertvollen Informationen und die Möglichkeit, Havarien durch rationelle praktische Maßnahmen entgegenzuwirken. Bedeutung haben besonders die Durchgangszeiten des Regimes der Stoffwelle, deren Kulmination und Abklingen. Es können jedoch auch Angaben über den ganzen zu erwartenden Verlauf der Konzentration des betreffenden Stoffs und über die Menge der die Stoffwelle bildenden Substanzen gemacht werden. Das Modell kann auch zur nachträglichen Rekonstruktion des Verlaufs der Schadstoffwelle verwendet werden. Eine genügende Anzahl von Profilen, die bei der Aufstellung des Modells in Betracht gezogen werden, ermöglicht es, das Modell auch bei einer plötzlichen Havarie anzuwenden. Alle Berechnungen, die mit der praktischen Anwendung des Modells verbunden sind, sind für einen Taschenrechner programmiert und können direkt im Gelände schnell und einfach ohne Hilfe einer Computer-Zentralstelle ausgeführt werden. Für besonders schnelle Orientierungen steht dem Benutzer eine tabellarische Form des Modells zur Verfügung.
Die Technik des Modellierens von Stoffwellen wird sicher noch weiter vervollkommnet werden. Dabei kommt es darauf an, die Stoffwellenmodelle mit Durchflußwellenmodellen zu verknüpfen und es dadurch den Einrichtungen, die für die Wasserläufe verantwortlich sind, zu ermöglichen, in kritischen Fällen durch gezielte Wasserabstöße eingreifen zu können.
(Literaturangaben liegen der Redaktion vor und werden auf Wunsch zugesandt. Der ungekürzte Beitrag kann von der
Abteilung Wasserschadstoffbekämpfung,
Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe,
3010 Magdeburg, Domplatz 8/9,
ausgeliehen werden.)

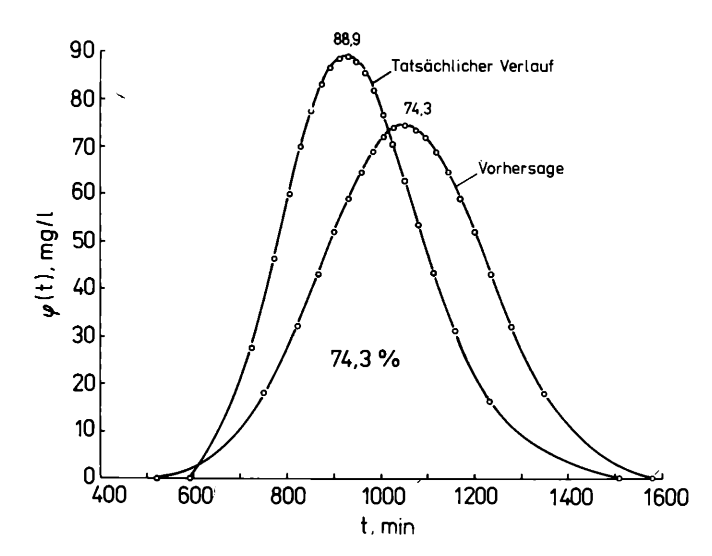


Bild 5 Die Otava, Profil Horažďovice (X, km = 72,5); das Sekundärsignal in Form zweier Dichtelinien, d. h. für den tatsächlichen (gemessenen) Verlauf der Stoffwelle; die numerische Übereinstimmung zwischen der Überdeckung von Dispersionsfiguren und der Kulmination der Prediktionsfigur ist zufällig

Wasser-Wasser-Wärmepumpe in der Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode

Dr.-Ing. Horst ELSNER, KDT; Dipl.-Ing. Franz FABICH, KDT; Ing. Hans SCHMIDT, KDT
Beitrag aus dem VEB Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz und dem VEB Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft

Neben der sparsamen Verwendung der Energie aus fossilen Brennstoffen ist international und auch in der DDR ein zunehmender Einsatz von Wärmepumpen für Heizzwecke wirtschaftlich möglich und sollte im Interesse kommender Generationen zielgerichtet gefördert werden. /1/
Nachfolgend soll die erste Großanlage in der DDR, die auf der Basis von Talsperrenwasser (Oberflächenwasser) im bivalenten alternativen Betrieb mit Stadtgas arbeitet und die über eine Gesamtwärmeleistung von 930 kW verfügt, näher erläutert werden.
Das Funktionsprinzip der Wärmepumpe entspricht dem einer Kältemaschine in jedem Haushaltkühlschrank. Die Wärmepumpe hat die Aufgabe, Wärme gegen ein Temperaturgefälle zu fördern. Ziel ist, beim Heizen nicht die Wärme im Verdampfer als Kälteleistung aufzunehmen, sondern die Wärme als Heizleistung abzugeben. /2/
Die Wärmenutzungsanlagen, einschließlich der erforderlichen Kurz- und Langzeitwärmespeicher, sind in den letzten Jahren entscheidend verbessert worden, so daß hiermit eine der Grundvoraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmepumpenanlagen geschaffen wurde.

Der energetische Effekt einer Wärmepumpenanlage bzw. der Wärmepumpenprozeß wird nach der Leistungszahl ε beurteilt. Die Leistungszahl drückt das Verhältnis der Heizwärme zur zugeführten Arbeit (vorwiegend elektrische Arbeit) aus. Es ist zu beachten, daß der energetische Effekt von Wärmepumpenanlagen steigt, je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Talsperrenwasser) und der Vorlauftemperatur des Heizmediums (Warmwasser) wird. Dies macht deutlich, daß jede wirtschaftlich arbeitende Wärmepumpenanlage Niedertemperaturheizungen mit ihren speziellen Anforderungen an weitgehend wärmedämmende Bauweisen voraussetzt. In diesem Zusammenhang ist ausdrücklich darauf zu verweisen, daß bei künftigen Planungen von Wasseraufbereitungsanlagen, für die Wasser-Wasser-Wärmepumpenheizungsanlagen vorgesehen werden, die Bauhüllen einen möglichst hohen Wärmedämmwert aufweisen müssen. /3/
Im vorliegenden Fall war von einer vorhandenen Bauhülle auszugehen, die günstige Bedingungen für das Aufstellen der Wärmepumpenanlage bot. Die Gesamtanlage gewährt aber auf Grund der gegebenen Bauhülle keine optimalen Voraussetzungen für eine Niedertemperaturheizung. Ausschlaggebend für den Wärmepumpeneinsatz war die Ablösung von Heizöl.

Ein Ingenieurkollektiv unterbreitete 1980 einen Vorschlag zur Errichtung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage in der TWA Wienrode. Die Vorbereitung und Realisierung waren bis zum 31. Dezember 1984 im wesentlichen abgeschlossen; zur Zeit läuft der Probebetrieb. Die Arbeiten am nachgeschalteten Heiznetz werden bis zur Heizperiode im Herbst 1985 abgeschlossen sein.
Auf der Grundlage von Ministerratsbeschlüssen über rationellen Einsatz von Elektroenergie und Reduzierung des Heizöleinsatzes wurde für die TWA Wienrode eine Variantenuntersuchung vorgenommen, die folgendes zu beachten hatte:
- besondere Tallage
- Anreicherung von Abgasen (Inversionswetterlagen)
- Einflußnahme auf Produktionsanlagen (offene Filteranlagen)
- Landschaftsschutzgebiet.

Die Wärmeerzeugung in der Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode wurde vor der Umrüstung in einer Heizkesselanlage, bestehend aus vier ölbefeuerten und vier gasbefeuerten Heizkesseln, durch Niederdruckdampf gesichert. Die technologischen Anlagen der TWA werden direkt mit Niederdruckdampf beheizt, während für das Betriebsgebäude, die Pförtnergebäude und die Warmwasserbereitung Warmwasser mit 90 °C/ 70 °C in den Wärmeübertragern erzeugt wird.

Variante 1 – Energieträger Stadtgas

Diese Variante sieht eine Erweiterung des Energieträgers Stadtgas um den Anteil des freizusetzenden Energieträgers Heizöl vor. Hierfür sind in der vorhandenen Heizungsanlage keine wesentlichen Veränderungen erforderlich. Dieser Variante hat das Energiekombinat nicht zugestimmt.

Variante 2 – Energieträger feste Brennstoffe

Entsprechend dem benötigten Wärmebedarf von 1 800 kW ist auf Grund des Heizwertes für Braunkohlenbriketts sowie Braunkohle folgender Brennstoffbedarf erforderlich:
Braunkohlenbrikett 1 200 t/a
Braunkohle 1 700 t/a.
Die Angaben beziehen sich auf eine Heizzeit von 16 h/d und 230 Heiztage/a. Diese Variante erfüllt jedoch nicht die vorgenannten Anforderungen und erhielt keine Zustimmung.

Variante 3 – Kombination Energieträger Stadtgas und feste Brennstoffe

Der Einsatz von festen Brennstoffen unter Beibehaltung des Energieträgers Stadtgas erfordert neben dem Bau eines Heizhauses mit Anschluß und Einbindung an die vorhandene Anlage auch drei Heizkessel vom Typ GK71. Außerdem bleiben einige Probleme (Transport, Bekohlung, Entaschung, Bedienung, Lagerflächen, Standort der Heizungsanlagen) ungelöst. Diese Variante ist analog Variante 2 zu bewerten.

Variante 4

Auf der Grundlage des Vorschlages und in Auswertung der ersten Energiekonferenz des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft wurde der Einsatz von Wärmepumpen bei Umstellung der vorhandenen Heizungsanlage auf eine Niedertemperaturheizung mit Plattenheizkörpern untersucht. Dabei ergaben sich folgende Vorteile:
- Substitution des Heizöls
- Nutzung des Talsperrenwassers als Wärmequelle
- Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen bei hohem Automatisierungsgrad

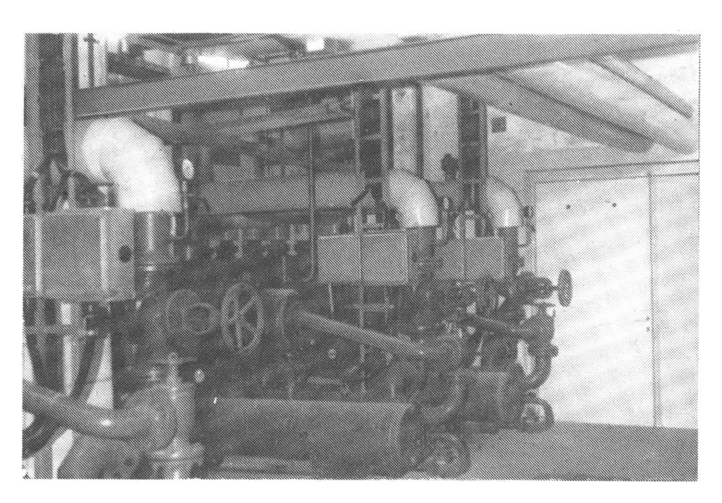


Bild 1
Wärmepumpengruppe

– Erhöhung des Umwelt- und Landschaftsschutzes im Territorium.

Gesamtkonzeption der Wärmepumpenanlage

Die ölbefeuerten Heizkessel der TWA Wienrode werden durch eine Wärmepumpenanlage ersetzt. Die gasbefeuerten Heizkessel bleiben in Betrieb und ermöglichen den bivalenten alternativen Wärmepumpenbetrieb. Bei Störungen oder Havarien und bei extremen Frostsituationen kann somit eine teilweise Wärmeversorgung gewährleistet werden. Die TWA Wienrode hat einen Gesamtwärmebedarf von 1800 kW. Die drei Großwärmepumpen KWS 400-Ih-SI vom VEB Mafa Halle erzielen eine Heizleistung von 930 kW, die als Grundlast dient. /4/

Technische Daten nach /6/:

Die Leistungswerte beziehen sich auf
t_{WA} = 48 °C und t_{SA} = 1 °C.
t_{WA} = Wärmewasseraustrittstemperatur
t_{SA} = Wärmequellenaustrittstemperatur

Wärmeerzeugerseite

– Gesamtheizleistung Q_H = 930 kW
– Wärmemenge f. Raumheizung Q_H = 676 kW
– Wärmemenge f. Speicheraufld. Q_{HSp} = 274 kW
– Austrittstemperatur t_{WA} = 48 °C
– Wasserdurchsatz V_W = 80 m³/h
je WP = 27 m³/h
– Temperaturdifferenz t_W = 10 K
– Druckverlust = etwa 0,05 MPa
– Anzahl der Wasserwege = 4.

Wärmequellenseite

– Kälteleistung je WP Q_o = 223 kW
– Eintrittstemperatur t_{SE} = 3 °C
– Austrittstemperatur t_{SA} = 1 °C
– Temperaturdifferenz t_E = 2 K
– Wärmequellendurchs. V_S = rd. 288 m³/h
je WP = 96 m³/h
– Druckverlust = rd. 0,05 MPa
– elektrische Leistungsaufnahme d. Verdicht. Motoren
P = 300 kW
je WP = 100 kW
– Druckreserve an der Leistungsgrenze (Wärmeerzeugerseite) = etwa 0,07 MPa

Gesamtwirkungsgrad

Geplanter Wirkungsgrad = 2,8.

Die Wärmepumpenanordnung /5/ besagt, daß Wärmepumpen mit einem Anschlußwert ≧ 10 kW, für deren Betrieb Elektroenergie aus dem öffentlichen Versorgungsnetz entnommen wird, in Spitzenbelastungszeiten von 6.30 Uhr bis 8.30 Uhr und 17.30 Uhr bis 19.30 Uhr nicht betrieben werden dürfen. Zur Überbrückung dieser Zeiträume ist deshalb der Einsatz von Wärmespeichern erforderlich. Nach Abzug des Anteils für die Speicheraufladung verbleiben 760 kW Heizleistung. Für extreme Frostsituationen und Havarien steht darüber hinaus Stadtgas zur Verfügung.
Als Wärmequelle dient Rohwasser der Rappbodetalsperre, das in ausreichender Menge zur Verfügung steht und über das gesamte Jahr eine Temperatur von mindestens 3 °C aufweist. Die Wärmenutzungsseite der R-22-Wärmepumpe, Temperaturspreizung 48 °C/38 °C, kann nur ein Niedertemperaturheiznetz mit Wärme versorgen. Dadurch muß besonders in Räumen mit einer Raumtemperatur von 20 °C die Heizfläche vergrößert werden, damit die erforderlichen Raumtemperaturen auch bei der genannten Temperaturspreizung erreicht werden. Die Wärmepumpen sowie die dazugehörigen Ausrüstungsteile, wie Umwälzpumpen, Ausdehnungsgefäß und E-Anlage, wurden im Erdgeschoß des Reaktionsbeckengebäudes aufgestellt. Außer den Investitionskosten für die Wärmepumpenanlage fallen verhältnismäßig geringe Baukosten an. Alle Maßnahmen zum Bau und zur Technologie des Wärmepumpeneinsatzes werden demzufolge als Rekonstruktionsmaßnahmen realisiert.

Aufbau der Anlage

Wärmequellenseite

In der TWA Wienrode wird Rohwasser als Wärmequelle genutzt. Für die Nutzung des Wassers gilt das Wassergesetz der DDR, sie ist deshalb genehmigungspflichtig.
Die Wärmepumpenanlage wurde erstmalig für eine minimale Rohwassereintrittstemperatur in den Verdampfer der Wärmepumpe von 3 °C ausgelegt. Diese Wassertemperatur von 3 °C stellt die untere Grenze für den Wärmepumpenbetrieb dar. Das Wasser wird aus der Rohwasserzuführungsleitung der TWA entnommen. Der erforderliche Rohwasservolumenstrom für den Betrieb der drei Wärmepumpen beträgt 290 m³/h. Im Verdampfer der Wärmepumpen wird das Rohwasser von 3 °C auf 1 °C abgekühlt und über ein vorhandenes im Betrieb nicht genutztes Reaktionsbecken dem Wasserkreislauf der TWA wieder zugeführt. Diese Anordnung ermöglicht die Rückführung des abgekühlten Wassers über einen Freispiegelbehälter, so daß im extremen Havariefall eventuell in den Wasserkreislauf übergetretene Kältemittel verdampfen können. /7/
In den Zuführungsleitungen von der Rohwasserleitung zu den Wärmepumpen ist jeweils ein Filter mit Rückspüleinrichtung installiert, das vom Auftraggeber individuell entwickelt und nach einem selbsterprobten Muster angefertigt wurde.
Jede Wärmepumpe erhält eine Primärpumpe. Als Primärpumpen kommen drei Kreiselpumpen KRZ 1H 80/160 zum Einsatz. In jedem Primärrücklauf der drei Wärmepumpen ist ein Magnetventil vorgesehen, das mit dem Verdichter der jeweiligen Wärmepumpe verriegelt ist. Bei Havarien im Kühlmittelkreislauf der Wärmepumpe bzw. Temperaturüber- oder Temperaturunterschreitung (t_{SE} > 25 °C, t_{SA} < 1 °C) schließt diese sofort den Wärmequellendurchstrom. Bei planmäßiger Abschaltung der Wärmepumpen müssen die jeweils zugeordneten Primärpumpen etwa 8 min nachlaufen, um ein Einfrieren der Wärmepumpe zu verhindern.

Wärmenutzungsseite

Der erste Sekundärkreislauf fördert das Heizmedium von den Wärmepumpen zu den Wärmespeichern und zurück zum Kondensator der Wärmepumpe. Die Vorlauftemperatur der R-22-Wärmepumpen beträgt 48 °C und die Rücklauftemperatur 38 °C. Als Sekundärpumpen werden Kreiselpumpen KRZQ 65/160 eingesetzt. Zur Wärmespeicherung werden drei Behälter mit 10 m³ Inhalt und vier Behälter mit 40 m³ Inhalt aufgestellt. Die Kurzzeitspeicher mit 10 m³ werden je einer Wärmepumpe zugeordnet, die über die Kurzzeitspeicher betrieben werden. Die Wärmespeicher werden mit je 40 m³ Inhalt über Ladepumpen USP 80B betrieben.
Oberhalb des Vor- und Rücklaufanschlusses an den Wärmespeichern ist je ein Temperaturwächter des Typs 653.30 vorgesehen. Durch den Kurzschluß zwischen Vor- und Rücklauf wird – je nach Wärmeüberschuß – der Speicher allmählich aufgeladen, d.h., die Rücklauftemperatur nähert sich der Vorlauftemperatur. Bei Temperaturausgleich erfolgt der Kontakt

Bild 2 Wärmepumpe KWS 400-1 h-S 1 mit Zeitrelaisschaltung für den gestaffelten Anlauf

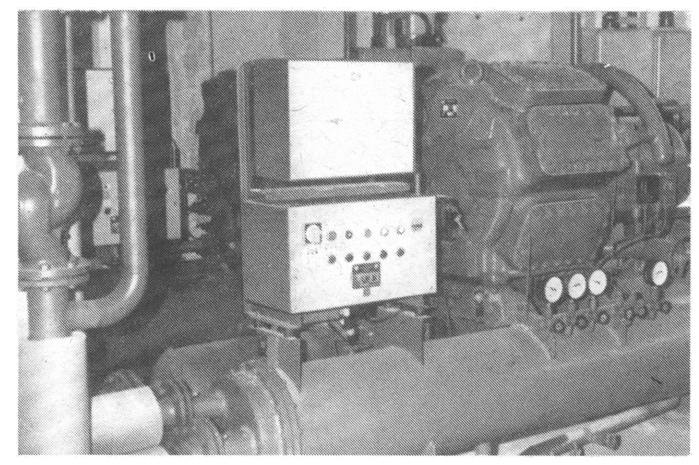
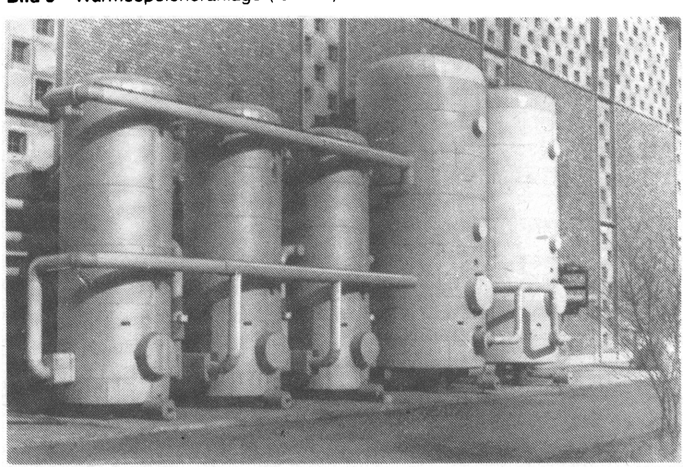


Bild 3 Wärmespeicheranlage (isoliert)



zur Abschaltung der jeweils zugeordneten Wärmepumpe mittels Temperaturwächter. Der zweite Sekundärkreislauf führt von den Wärmespeichern über Kreiselpumpen KRZQ 65/160 zu den Verteilern für die Raumheizung. Die Regelung des nachgeschalteten Heiznetzes erfolgt gleitend durch ein Zweiwegemotorstellventil über die Vorlauftemperatur entsprechend der Außentemperatur.

Sicherheitstechnik

Das Ausdehnungswasser der Wärmepumpenanlage nimmt ein tiefliegendes Ausdehnungsgefäß von 4000 l Inhalt auf. Dieses befindet sich aus Gründen der Korrosionssicherheit im nachgeschalteten Heiznetz. Die Sicherheitsleitung ist unabsperrbar ausgeführt und durch ein Sicherheitsventil mit einem Abblasedruck von 0,6 Mpa abgesichert. Der Auflastdruck von 0,3 MPa wird mittels Stickstoffbatterie unter Anschluß von drei Stickstoffflaschen erzeugt. Als Reserveeinrichtung wurde eine stationäre Verdichteranlage AHS 1-40/70-VB vorgesehen.
Nach dem Standard TGL 12951 ist bei Anwendung von Kältemitteln im Aufstellungsraum von Wärmepumpen eine Zwangsentlüftung für den Havarie- bzw. Servicefall vorzusehen. Als Zuluftöffnung ist eine unverschließbare Öffnung mit Überdruckklappe, nach innen öffnend, vorgesehen. Die notwendige Entlüftung des Wärmepumpenraumes erfolgt über einen Abluftventilator. Bei Außentemperaturen unter 0 °C ist die Anlage unbedingt zu heizen bzw. zu entleeren (Einfriergefahr!). Zur Verhinderung der Einfriergefahr des Verdampfers wurde im Primärkreislauf jeder Wärmepumpe eine Meßblende mit Ringwaage zur Messung der Durchflußmenge und mit Sicherheitsabschaltung als Trockenlaufschutz installiert. Die niedrigen Betriebstemperaturen des Kompressors der Wärmepumpen bedingen zum schonenden Anlauf ein stufenweises Zuschalten der Leistungsstufen 25, 50, 75 und 100 %, die über eine gesondert entwickelte Zeitrelaisschaltung aufgebaut wurde.

Betrieb der Anlage

Der Probebetrieb der Anlage begann gemeinsam mit der Abteilung Kundendienst des VEB MAFA Halle im September 1984. Die projektierten Parameter wurden erreicht.
Dies ist für den Wirtschaftszweig und den VEB MAFA Halle die erste Anlage für derart niedrige Rohwassertemperaturen. Trotz dieser extremen Bedingungen ergaben sich im Probebetrieb keine Mängel und Beanstandungen. Alle Regel- und Sicherheitseinrichtungen wurden auf ihre Funktion geprüft. Die erforderliche Zuverlässigkeit wurde nachgewiesen. Der automatische Betrieb der Anlage hat einen entscheidenden Einfluß auf die Senkung des Bedienungs- und Wartungsaufwandes für die Heizungsanlage. Während des Betriebes ist vorerst eine stündliche Betriebskontrolle vorgesehen, die im Dauerbetrieb reduziert werden soll.

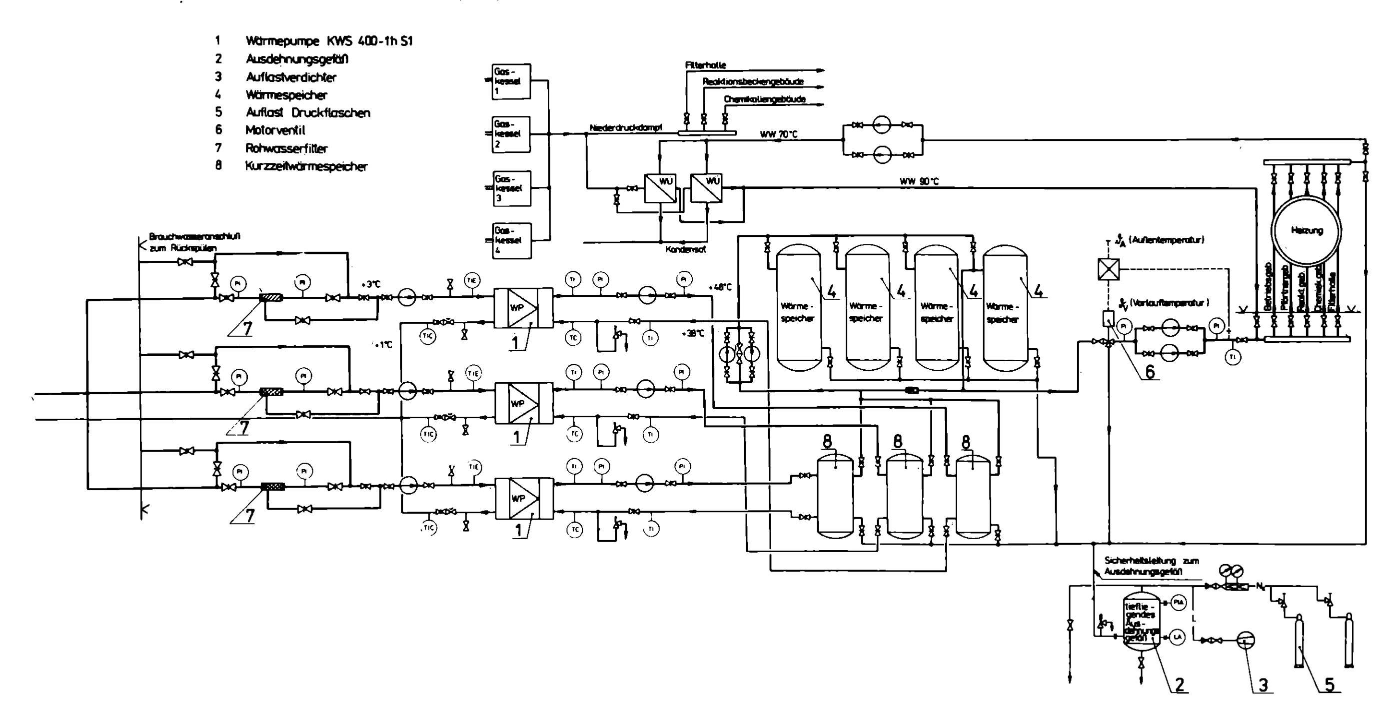
Zusammenfassung

In der Ablösung von Elektro-, Öl- oder Gasheizung sind die Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen in Trinkwasseraufbereitungsanlagen, in denen der Wärmeträger Wasser ausreichend und kostengünstig zur Verfügung steht, ein entscheidender Faktor zur rationellen Energieanwendung.
Die erläuterte Anlage nutzt die hohe spezifische Wärme des Rohwassers der Rappbodetalsperre mit relativ niedrigen Temperaturen, die durch die Wärmepumpenanlage auf ein für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Das Anordnen von Rohwasserfiltern zum weitgehenden Schutz der Verdampfer vor Inkrustationen, das Anordnen von Kurz- und Langzeitspeichern sowie der Sicherheitseinrichtungen zum Schutz des Trinkwassers sind Besonderheiten der Anlage, die ihren wirtschaftlichen Einsatz erhöhen und im Dauerbetrieb zu weiteren Betriebs- und Bemessungserfahrungen führen sollen.
In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Errichtung jeder Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage ein Genehmigungsverfahren und die Einhaltung von hygienischen Forderungen bedingt, die in /7/ näher erläutert sind.

Grundsätzlich ist zu beachten, daß Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen immer in einen vorhandenen Wasserkreislauf eingeschaltet sind, der in bezug auf die Temperatur beeinflußt wird und im Hinblick auf den möglichen Austritt von Kältemitteln bei Havarien im Verdampfer beeinflußt werden kann.
Der Betrieb der Anlage soll den Betreibern und den Projektanten weitere Erfahrungen vermitteln. Technologen in der Projektierung und in der Wasseraufbereitung sollten sich mit der Wärmepumpentechnologie im einzelnen vertraut machen, um den notwendigen theoretischen und praktischen Vorlauf für zukünftige Anlagen zu schaffen.
Der Gesamtwirkungsgrad und letztendlich die Ökonomie der Wärmepumpenanlagen wird weitgehend von der Steuerung des bivalenten Betriebes, der optimalen Wärmedämmung der Bauhüllen und dem gezielten Einsatz der Niedertemperatur-Heizung beeinflußt. In Zukunft werden Prozeßsteueranlagen die automatische Steuerung von bivalent betriebenen Heizungssystemen übernehmen und deren Ökonomie weiter verbessern.

(Literaturangaben werden auf Wunsch zugesandt. Red. WWT)

Bild 4 Schaltschema der Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage



Hydraulische Berechnung von Wasserversorgungsnetzen mit Hilfe interaktiver Systeme

Doz. Dr. sc. techn. Harald ROSCHER
Beitrag aus der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Sektion Gebietsplanung und Städtebau

Hydraulische Berechnung im Stapelbetrieb

Die EDV ist zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für die hydraulische Berechnung von Wasserversorgungsnetzen geworden. Das vom VEB Projektierung Halle entwickelte Programmsystem „Wasserbedarfsermittlung und Hydraulik" /1, 2/ ermöglicht ein Nachrechnen und Neudimensionieren von Wasserversorgungsnetzen mit mehreren Einspeisungen (Hochbehälter oder Pumpen). Aufgrund einer Vereinbarung zwischen VEB Prowa Halle und der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar konnte dieses Programmsystem an der Hochschule für die Ausbildung im Lehrgebiet Wasserversorgung und Abwasserbehandlung an der Sektion Gebietsplanung und Städtebau genutzt werden. Es wurde in zahlreichen Beleg- und Diplomarbeiten (Eisenach, Weimar, Erfurt, Mühlhausen, Saalfeld usw.) angewandt; die Arbeitsergebnisse wurden den VEB WAB zur Verfügung gestellt. In Absprache mit den Versorgungsbetrieben erfolgte die Festlegung der zu untersuchenden Versorgungsvarianten (Nachrechnung, Planungsvarianten, Betriebsfälle, Ausfall von Einspeisungen). Schwierigkeiten bereitete in fast allen Fällen die Festlegung des Rauhigkeitsbeiwertes durch die Versorgungsbetriebe. In Zusammenarbeit mit den Versorgungsbetrieben und den städtebaulichen Planungsorganen konnten Strategien für das weitere Vorgehen erarbeitet werden. Die Bearbeitung erfolgte im Stapelbetrieb nach vorgegebenen Optimierungskriterien (Fließgeschwindigkeit, Nennweitenvergrößerung bis zum Erreichen der gewünschten Druckhöhe an den Knotenpunkten).

Hydraulische Berechnung von Wasserversorgungsnetzen mit interaktiven Systemen – erste Stufe

Zur Nutzung des in der Hochschule für Architektur und Bauwesen eingerichteten EDV-Labors mit Video-Arbeitsplätzen wurden mit der Sektion Rechentechnik und Datenverarbeitung die möglichen Dialogvarianten erörtert und zunächst vereinbart, folgendes in das o. g. Programmsystem einzubeziehen:
- Ändern der Nennweiten von Strecken
- Ändern des K-Wertes von Strecken
- Ändern der Wasserspiegelhöhe der Behälter bzw. Pumpendruckhöhen.

Damit sollten insbesondere den Studierenden im Ausbildungsprozeß die Auswirkungen veränderter Parameter verdeutlicht werden und die Voraussetzungen für eine zukünftige erweiterte Dialogbearbeitung geschaffen werden. Inzwischen erfolgten die entsprechenden Programmerweiterungen, und es wurde eine Anwenderdokumentation erarbeitet. /3/

Das Dialogsystem greift auf das bereits bearbeitete und abgespeicherte Rohrnetz (Stapelbetrieb) zurück und ermöglicht die Veränderungen. Am Dialogarbeitsplatz sind die gewünschten Änderungen einzugeben, und es erfolgt nach Abschluß der Korrekturen die erneute Berechnung. Dem Bearbeiter wird am Bildschirm die Strangliste angezeigt. Entsprechen die Berechnungsergebnisse den Anforderungen, kann die Berechnung abgeschlossen und der Ergebnisdruck abgefordert werden. Anderenfalls ist eine erneute Korrektur mit nachfolgender Berechnung möglich.

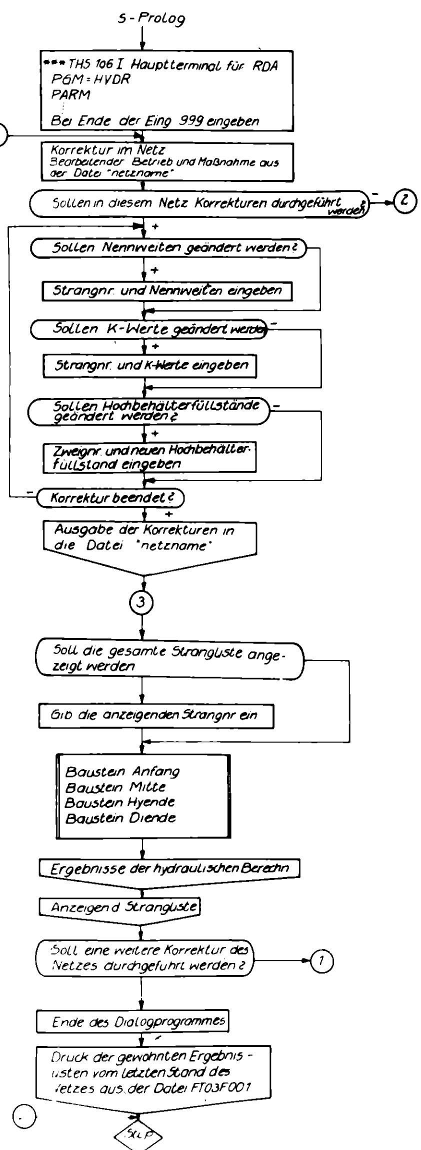
Die Grundlagen für die Arbeit am Bildschirm sind die gleichen wie für das Programmsystem „Wasserbedarfsermittlung und Hydraulik" des VEB Prowa Halle. /2/ Die dort angegebenen Formblätter sowie alle anderen Festlegungen des Herstellers bleiben weiterhin gültig. Für die Eingabe der Daten, die hydraulische Berechnung und den späteren Dialog wird eine entsprechende Prozedur (DWNHVD) angewandt. Diese bewirkt u. a., daß die Eingabedaten eingegeben, überprüft, gedruckt und Fehler angezeigt werden. Der Ablauf der hydraulischen Berechnung wird protokolliert, eine Berechnung erfolgt allerdings nur, wenn die Eingabedaten fehlerfrei sind. Um die Arbeit am Bildschirm für den Anwender zu erleichtern, stellt das Rechenzentrum Prologe bereit. Diese weisen die für den Dialog benötigten Dateien an und starten das Anwenderprogramm. Bild 1 zeigt den schematischen Ablauf des Dialogs.

Anwendung des Programmsystems am Beispiel Erfurt – Niederdruckzone

Das Versorgungsgebiet umfaßt den historischen Altstadtbereich und große Teile des Stadtgebietes Erfurt-Nord. /4/ Die Versorgung erfolgt mit Grundwasser über einen südlich gelegenen Hochbehälter und mit Fernwasser des Ohraverbundsystems über einen nördlich gelegenen Hochbehälter. Beide Behälter speisen über mehrere Zubringerleitungen in das vermaschte Versorgungsnetz der Niederdruckzone ein. Unterschiedliche Behälterwasserstände sowie Veränderungen der Entnahmewassermengen führen zu wechselnden Fließrichtungen in einem bisher nicht genau lokalisierten Teil des Versorgungsgebiets. In diesem Bereich sind durch das Zusammentreffen des Wassers unterschiedlicher Güte in erhöhtem Maße Korrosionserscheinungen zu erwarten.
Das Ziel der Untersuchung bestand darin,
– die Fließbestände und Druckverhältnisse im Rohrnetz bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen zu ermitteln,
– die Einzugsbereiche der Hochbehälter bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen festzustellen,
– Ausbauvorschläge für die Planungszeiträume 1990 bis 2010 zu unterbreiten.

Für die Bedarfsermittlung und die Netznachrechnung wurde zunächst das Programmsystem des VEB Prowa Halle angewandt (Stapelbetrieb), alle weiteren Untersuchungen erfolgten mit dem erweiterten Programmsystem im Dialog.
Im Rahmen der Arbeit erfolgte eine Variation der Rauhigkeitsbeiwerte, die Änderung der Behälterwasserstände, um den Bereich mit

Bild 1 Schematischer Ablauf des Dialogs



unterschiedlichen Fließrichtungen zu ermitteln, sowie die Änderung der Nennweiten zur Erarbeitung der Ausbauvorschläge. Die ursprünglich vorgesehene Druckmessung an Netzknotenpunkten, um die realen Rauhigkeitsbeiwerte zu ermitteln und das Berechnungsmodell zu eichen, waren leider nicht durchführbar.

Es ist jedoch durch den Dialogbetrieb möglich, für ausgewählte Streckenabschnitte bei bekannten Durchflußmengen und Druckhöhen an den zugehörigen Netzknotenpunkten die Rauhigkeitswerte zu bestimmen und den gravierenden Mangel gegenwärtiger Rohrnetzberechnungen, die unzureichenden Kenntnisse des Rauhigkeitsbeiwertes, zu überwinden oder zumindest realere Werte in weitere Berechnungen einzuführen.

Mit Hilfe der geänderten Behälterwasserstände und entsprechender Entnahmemengen für bestimmte Belastungsfälle konnte der Bereich wechselnder Fließrichtungen bestimmt werden. Damit war es möglich, dem VEB WAB Erfurt wichtige Aussagen für die Vorbereitung von Instandhaltungsmaßnahmen zu geben. Bild 2 zeigt den Einfluß des Hochbehälters Nord in der Zeit von 8 bis 12 Uhr und Bild 3 den Gesamtbereich wechselnder Fließrichtungen. Dieser ist zugleich der Bereich gefährdeter Rohrstrecken.

Konzeption zur erweiterten Anwendung interaktiver Systeme

Bereits bei der gegenwärtigen Programmkonzeption Dialogvariante wurden die Vorteile interaktiver Systeme für die Planung von Wasserversorgungsnetzen sichtbar. Während beim Stapelbetrieb bereits vor der EDV-Bearbeitung weitestgehend Klarheit über das Planungskonzept bestehen muß (Kennzeichnen der nicht zu verändernden bzw. zu verändernden Strecken bei unzureichenden Druckhöhen und zielgerichtete Vergrößerung der Nennweiten bis zur erforderlichen Druckhöhe), kann dagegen im Dialogbetrieb eine Ausbaustrategie erst im Verlauf entwickelt werden. Außerdem können weitere Gesichtspunkte berücksichtigt werden, z. B. Nennweitenvergrößerung bzw. Verlegung von Parallelleitungen in Straßenzügen mit geringer Verkehrsbelegung oder mit freiem unterirdischem Bauraum.

Folgende Programmerweiterungen sind vorgesehen:
- Herstellen neuer Verbindungsstrecken (zwischen bestehenden Knotenpunkten)
- Wegfall von Strecken
- zusätzliche Einspeisungspunkte (Hochbehälter oder Pumpen)
- veränderte Knotenpunktentnahmemengen.

Um zu besseren ökonomischen Aussagen zu kommen, ist ein Programmbaustein zur ökonomischen Bewertung (mit Hilfe von Preiskennzahlen) der bearbeiteten Varianten anzuschließen.

Literatur

/1/ *Kahle, F.*: Berechnung von Wasserversorgungsnetzen mit Hilfe großer EDV-Anlagen – in Wasserwirtschaft – Wassertechnik – Berlin **22** (1972) 8, S. 368–371

/2/ *Kahle, F.*: Programmkomplex „Wasserbedarfsermittlung mit Hydraulik", VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle 1977

/3/ *Vogler, Ch.*: Anwendungsdokumentation zum Programmkomplex Wasserbedarfsermittlung und Hydraulik, Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Sektion Rechentechnik und Datenverarbeitung 1982

/4/ *Dapschauskas, G., Rücknagel, P.*: Analyse und Planung des Wasserversorgungsnetzes Erfurt, Niederdruckzone, Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Sektion Gebietsplanung und Städtebau, Diplomarbeit 1982

Bild 2 Einfluß des HB Nord in der Zeit von 8.00 bis 12.00 Uhr (schraffierte Flächen – Bereich wechselnder Fließrichtung)

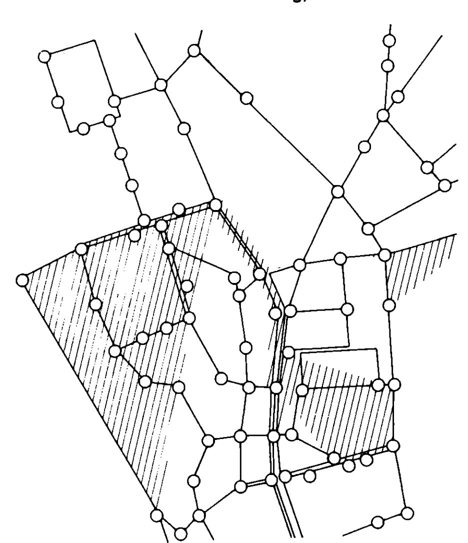
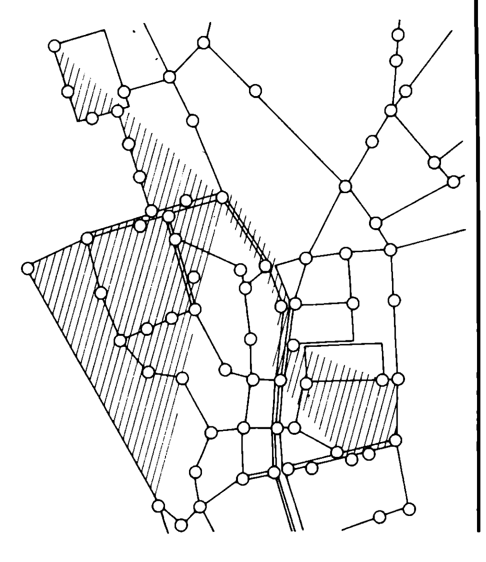


Bild 3 Gefährdete Rohrstrecken (schraffierte Flächen) durch wechselnde Fließrichtungen



(Fortsetzung von Seite 104)

4. Befindet sich der Schnittpunkt (S_1) außerhalb $\overline{P_{1,5}P_{1,6}}$ ist festzustellen, ob die Orthogonale (g_1) den angrenzenden in Richtung der Orthogonale liegenden Geradenabschnitt schneidet. Diese Schnittstellenbestimmung wird so lange fortgesetzt, bis derjenige Streckenabschnitt gefunden ist, der von der Orthogonale geschnitten wird. Im Beispiel (Bild 3) $\overline{P_{1,4}P_{1,5}}$. Kommt es zu keinem Schnittpunkt mit der Isobathe (I_1), so wiederholt sich die Schnittpunktbestimmung mit der nächstfolgenden Isobathe, es sei denn, die Orthogonale verläßt die definierte Ebene des Untersuchungsgebietes.
5. Im Schnittpunkt (S_1) wird nach (14) die neue Richtung der Orthogonale berechnet. Das Programm speichert die Koordinaten der Knickpunkte. Mit dem Schnittpunkt (S_1) und der neuen Richtung der Orthogonale (Anstieg) ist die neue Gerade (g_1) fixiert.
6. Es erfolgt die Fortsetzung bei Punkt 1 mit der folgenden Isobathe (F_2) usw. bis der Brechpunkt der Welle (Gl. 15) erreicht, bzw. die Orthogonale den definierten Bereich verläßt. Die Anlaufrichtung der Welle ist die Normale zur Geraden *l*. Nachdem für alle Orthogonalen die Koordinaten der Knickpunkte abgespeichert sind, ist der Abstand *(l)* zweier benachbarter Orthogonalen im Berechnungspunkt *(BP)* zu bestimmen.

Die Berechnung von K_T und K_v bereitet programmtechnisch keine Schwierigkeiten, so daß nach (Gl. 12) die Wellenhöhe im Berechnungspunkt bestimmbar ist. Alle ermittelten Parameter werden in übersichtlicher Listenform ausgegeben.

Anwendung der Programme

Die vorgestellten Modelle zur Ermittlung von Parametern des Tief- und Flachwasserseeganges werden erfolgreich bei der Planung und Vorbereitung von Küstenschutzmaßnahmen eingesetzt. Mit ihrer Hilfe läßt sich die in einen Küstenabschnitt eingetragene Seegangsenergie abschätzen. Divergenzen und Konvergenzen werden erkannt, Richtung und Betrag von Brandungslängsströmungen können ermittelt werden. Diese Größen liefern das Bild für die Belastungssituation des Uferabschnitts. Damit sind Voraussetzungen geschaffen, effektive Maßnahmen zur Minderung dieser Belastung auszuarbeiten. Ausgewählte, besonders stark im Rückgang begriffene Küstenabschnitte wie Warnemünde-West, Wustrow-Ahrenshoop oder Dranske wurden auf diese Weise systematisch untersucht. Es konnten detaillierte Vorschläge für komplexe Schutzanlagen gemacht werden, die in den nächsten Jahren realisiert werden. Wellenparameter, wie Höhe, Periode, Länge und in Zusammenhang mit den Aufzeichnungen der Windereignisse die Häufigkeit ihres Auftretens, stellen hierbei Bemessungsgrößen für die Bauwerke sowie ihrer einzelnen Elemente dar. Aber nicht nur für solche Küstenschutzbauten, auch für alle anderen Seebauwerke liefert das Verfahren Grundlagen ihrer Bemessung.

Das Seegangsmodell ist im weiteren Verlauf ggf. durch neue theoretische Erkenntnisse sowie durch stichpunktartige Messungen im ufernahen Bereich zu modifizieren.

(Literatur wird auf Wunsch zugesandt.)

Rückgewinnung von Wertstoffen aus Gerbereiabwasser

Dipl.-Ing. Renate UJJ
Beitrag aus dem VEB Zentrales Projektierungsbüro der Textilindustrie Leipzig

Das bei der Lederherstellung (Chromgerberei) anfallende Abwasser enthält im wesentlichen grobdisperse Stoffe – Kalk, Kalkhydrat, Dungreste, Haut- und Haarsubstanzen, native und verseifte Fette – sowie gelöste Stoffe (Salze, Alkalisulfide, Chromsalze bzw. Chromhydroxid, Eiweiße, emulgierte Fette und Farbstoffe). Die Konzentrationen dieser Stoffe sind vorrangig von den

- verarbeiteten Häuten (Tierart, Konservierungsmethode),
- Produktionstechnologien,
- in der Lederfabrik vorherrschenden Maschinen und
- Flottenverhältnissen

abhängig.

Das Abwasser fällt bei der Lederherstellung diskontinuierlich an. Ausgehend von den Produktionsstufen, den dabei zum Einsatz kommenden Chemikalien und den damit verbundenen Belastungsschwerpunkten des Abwassers kann folgende Grobeinteilung vorgenommen werden:

Tafel 1 Produktionsabteilungen bzw. Belastungsschwerpunkte

Wasserwerkstatt (Teilstrom I)	– Alkali, Sulfide, Fette, Eiweiße
Gerberei (Chrom) (Teilstrom II)	– Chrom(III)-Verbindg., Eiweiße, Fette, Ammonium
Färberei (Teilstrom III)	– Farbstoffe, Fette/Öle

Die vorgenommene Einteilung ist kein Dogma. Um eine Teilstromeinteilung für den speziellen Fall vornehmen zu können, ist das mehrmalige Analysieren des Abwassers eines jeden Produktionsprozesses notwendig. In Abhängigkeit vom Spül- bzw. Waschwassereinsatz ist ein „Verschleppen" der Chemikalien in die Folgeprozesse denkbar. Zum Beispiel ist es auf Grund der Einführung von wassersparenden Technologien möglich, daß $Chrom^{3+}$ noch in den ersten Prozeßabwässern der Färberei nachgewiesen wird. Diese Abwässer sind dann in diesem speziellen Fall dem Teilstrom II zuzuordnen.

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß die Abwasserbehandlung mit der Zielrichtung Wertstoffrückgewinnung die Erfassung der einzelnen Prozeßwässer in Abhängigkeit von den Belastungsschwerpunkten erfordert.

Wertstoffrückgewinnung

Die Rückgewinnung folgender Wertstoffe ist anzustreben:

- Kalk
- Sulfide
- Fette und Eiweiße
- Chrom.

Im folgenden soll auf die Rückgewinnung der drei letztgenannten Wertstoffe eingegangen werden. Grundlage für diese Ausführungen sind die vom VEB Zentrales Projektierungsbüro der Textilindustrie (ZPT) erarbeiteten Verfahrensfestlegungen zur Behandlung von Gerbereiabwasser in drei lederherstellenden Betrieben mit dem Ziel, Wertstoffe zurückzugewinnen.

Rückgewinnung von Fett und Eiweiß

Wie aus Tafel 1 hervorgeht, ist der Hauptteil an Fetten und Eiweißen in Teilstrom I zu finden (bis zu 1500 mg/l bei Rinderhäuten und bis zu 5000 mg/l bei Schweinehäuten). Natürliche Fette haben die Eigenschaft, ohne besonderes Zutun zu flotieren. Anders ist es bei emulgierten Fetten und Eiweißen, die ebenfalls in gelöster Form in den stark alkalischen Prozeßwässern der Wasserwerkstatt vorliegen. Fettemulsionen können bei einem *p*H-Wert unter 5,5 gespalten werden; bei *p*H-Werten unter 4,5 flocken Eiweiße aus. Das Verfahren sieht deshalb nach dem Mischen der fett- bzw. eiweißhaltigen Abwässer die Ansäuerung (damit verbunden die Emulsionsspaltung und Eiweißflockung) und die anschließende Abtrennung der Inhaltstoffe durch Druckentspannungsflotation vor.

Durch das Sauerstellen des Abwassers wird das Ausgasen der in diesem Teilstrom befindlichen Sulfide in Form von Schwefelwasserstoff provoziert. Aus arbeitsschutztechnischen und hygienischen Gründen ist es erforderlich, den Sulfidgehalt durch Belüftung bzw. Rauchbegasung vorher zu reduzieren und Be- und Entlüftungsanlagen vorzusehen. Der VEB ZPT überprüfte das vorgestellte Verfahren in kleintechnischen Versuchen mit Originalabwasser in der Größenordnung von etwa 1 m^3. Nach Zugabe von verdünnter Schwefelsäure und 90minütiger Aufenthaltszeit des Abwassers in der Flotationszelle wurde ein Reinigungseffekt (Fett/Eiweiß) von 85% bei der Rindleder- und 95% bei der Schweinelederherstellung erzielt. Gleichzeitig sind erhebliche Reinigungsleistungen bezüglich der organischen Last, des Sulfides, der absetz- und abfiltrierbaren Stoffe zu verzeichnen. Der anfallende Fett-Eiweiß-Schlamm wurde von der Wasseroberfläche der Flotationszelle abgezogen. Sein Volumen beträgt etwa 10 bis 12% der Abwassermenge des behandelten Teilstroms. Der Feststoffgehalt von etwa 20% erfordert keine weitere Eindickung. Es wird angestrebt, dieses Fett-Eiweiß-Gemisch der Futtermittelindustrie zuzuführen. Erste positive Untersuchungen liegen bereits vor. Der Wertstoff kann weiterhin in der Fettchemie als Produktionshilfsstoff eingesetzt werden.

Rückgewinnung von Chrom

Die Gerbung selbst wird mit Chromverbindungen im stark sauren Bereich durchgeführt. Trotz vielfältiger Bemühungen, die Auszehrung der Flotte zu erhöhen, bleibt ein hoher Anteil an dreiwertigem Chrom im Abwasser zurück. Erhebliche Mengen des Schwermetalls werden auch in die Folgeprozesse verschleppt. Dieses Abwasser muß einen separaten Teilstrom bilden. Die Chromverbindungen sind die Ursache, die die landwirtschaftliche Verwertung des bei der zur Zeit noch vorherrschenden Gesamtstrombehandlung anfallenden Schlammes ausschließen.

Chrom kann aus dem Abwasserteilstrom als Hydroxid ausgefällt werden. Hierzu sind folgende Chemikalien einsetzbar: Magnesiumoxid, -karbonat, -hydroxid, Kalziumhydroxid, Natriumkarbonat oder -hydroxid. Bei den vom VEB ZPT durchgeführten kleintechnischen Versuchen in der Größenordnung bis 1 m^3 Inhalt wurde vorwiegend Natronlauge, für parallele Informationsversuche Magnesiumoxid, eingesetzt. Das *p*H-Wert-Optimum für die Chromhydroxidausfällung liegt bei 10,2 bis 10,4. Der Chemikalienbedarf beträgt etwa 1% der Abwassermenge des Teilstroms an 33%iger Natronlauge. Die Zugabe erfolgte über 30 min unter ständigem Rühren. Der Chromhydroxidschlamm sedimentiert sehr langsam. Sein Sedimentationsverhalten ist von vielen äußeren Faktoren abhängig. Einige wurden bei den Versuchen beobachtet:

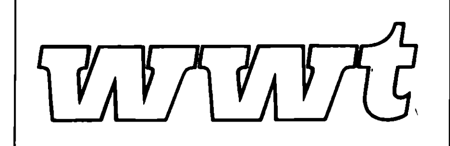
- Geometrie des Absetzbehälters
- Rührintensität und -dauer
- Dauer der Zugabe von Natronlauge
- Abwasserbeschaffenheit im Teilstrom.

Für die Auslegung der Anlagen muß von einer 10stündigen Sedimentationszeit und etwa 40 bis 50% der Abwassermenge des Teilstroms als Schlammanfall ausgegangen werden.
Unter den eben beschriebenen Bedingungen ist ein Reinigungseffekt von 95 bis 99% des dreiwertigen Chroms erzielbar. Des weiteren sind erhebliche Reinigungsleistungen bezüglich der organischen Last, der extrahierbaren Stoffe, der absetz- und abfiltrierbaren Stoffe nachgewiesen worden.

Der bei der beschriebenen Behandlung anfallende Schlamm muß weiter entwässert werden. Hierzu liegen Versuchsergebnisse in einer Lederfabrik vor, nach denen sich automatische Filterpressen aus der Sowjetunion für das vorliegende Medium gut eignen. Mit ih-

nen ist der Feststoffgehalt des Schlammes auf etwa 26% zu erhöhen und das Schlammvolumen wesentlich zu verringern. Die eingedickte Schlammenge an Chromhydroxid beträgt dann etwa 2% der unbehandelten Abwassermenge dieses Teilstroms. Entwässerungsversuche im VEB Chemieanlagenbau Staßfurt brachten bei Einsatz verschiedener Filteranlagen ohne Einsatz von Filterhilfsmitteln im Versuchsstadium keine befriedigenden Ergebnisse.
Durch Parallelversuche mit Magnesiumoxid als Flockungsmittel wurden im Vergleich zu Natronlauge folgende Ergebnisse erzielt:
- gleiche Reinigungseffekte bei Cr^{3+}
- wesentlich geringeres Schlammvolumen
- längere Dosierzeit
- schlechtere Dosierbarkeit auf Grund des Hydratationsverhaltens von Magnesiumoxid
- Bildung eines festen Niederschlages durch Magnesiumoxidüberschuß.

Angestrebt wird die Wiederverwendung des rückgewonnenen Chroms in erster Linie für die Gerbung selbst. Hierzu laufen im Forschungsinstitut der Leder- und Kunstledertechnologie (FILK) Freiberg umfangreiche Forschungsarbeiten.



Tagungen

Gemeinsam mit dem Bezirksverband Neubrandenburg der KDT veranstaltet der Fachausschuß „Landwirtschaftlicher Wasserbau" im Fachverband Wasser der KDT am 9. und 10. Oktober 1985 in der Stadthalle Neubrandenburg (Beginn: 11.00 Uhr) einen Erfahrungsaustausch unter dem Thema:

„Intensivierung der Instandhaltung von Fließgewässern und wasserwirtschaftlicher Anlagen unter Berücksichtigung ökologischer Grundlagen."

Die Veranstaltung gliedert sich in drei Komplexe:
1. aktueller Stand mit Orientierungen über die Aufgaben der Instandhaltung von Gewässern und wasserbaulichen Anlagen
2. ökologische Grundlagen und biologische Verfahren
3. Mechanisierungsmittel und Rationalisierung.

Der Arbeit des Fachausschusses und der Organisation der Instandhaltung in der Praxis folgend, werden die Aufgaben aus der Sicht der Wasserwirtschaft und der Landwirtschaft (Meliorationswesen) behandelt.
Weitere Informationen sind erhältlich vom
Bezirksverband Neubrandenburg
2000 Neubrandenburg
Spornholzer Str.
Tel. Neubrandenburg 22 46.

Kramer

Abwasserbehandlungsanlage für das Binnenfahrgastschiff Projekt 302 des VEB Elbewerften Boizenburg/Roßlau

Dipl.-Ing. Walter SCHLÖRICKE, KDT; Dipl.-Ing. Claus-Dieter VOSS
Beitrag aus dem VEB Kombinat Schiffbau Rostock

Mit Hilfe der im VEB Kombinat Schiffbau entwickelten Anlage zur Abwasserbehandlung KAREA/SF65 wird das gesamte auf dem Schiff anfallende Abwasser so behandelt, daß es über Bord geleitet werden kann. Einzuhalten sind im konkreten Fall die „Sanitärvorschriften für Binnenschiffe" des Ministeriums für Gesundheitswesen der UdSSR, Ausgabe 1979. Diese stellen folgende Qualitätsanforderungen an das Ablaufwasser:

bioch. Sauerstoffbedarf BSB_5	≦ 50 mg/l
abfiltrierbare Stoffe	≦ 50 mg/l
Fäkalkolikeime	≦ 1 000 Keime/l
Restchlorgehalt	≦ 5 mg/l.

Den speziellen Forderungen des Auftraggebers entsprechend waren der Entwicklung folgende spezifische Zulaufwassermengen und Wasserqualitäten zugrunde zu legen:

Zulaufwasser je Person und Tag	0,3 m^3
biochem. Sauerstoffbedarf BSB_5	370 mg/l
abfiltrierbare Stoffe	230 mg/l.

Hierbei sind die Höhe des biochemischen Sauerstoffbedarfs BSB_5 (370 mg/l) und der große Unterschied zu den abfiltrierbaren Stoffen besonders bemerkenswert. Informationen über Abwassermengen der verschiedensten Herkunft und deren Qualität ergaben für den biochemischen Sauerstoffbedarf einen Mittelwert von 280 mg/l und etwa die gleiche Menge abfiltrierbare Stoffe. Ausgehend von der Zahl der Fahrgäste, mußte eine Gesamtwassermenge von 130 m^3/d angesetzt werden. Eine weitere wesentliche Grenzbedingung stellt der für die Unterbringung der Ausrüstung zur Abwasserbehandlung an Bord verfügbare Raum dar.

Abwasserbehandlung

Das an Bord anfallende Abwasser wird in einem Tank gesammelt und mit einer externen Zubringerpumpe den Anlagen zugeführt. In der Reaktionskammer erfolgt ein biologischer Abbau der Abwasserinhaltstoffe und die Vermischung des Abwassers mit dem hier zugeführten Fällungsmittel. Mit der Zufuhr von Luft in die Reaktionskammer, für die sogenannte Schaumstoffbelüfter eingesetzt werden, wird der für den biologischen Abbau notwendige Sauerstoffeintrag und eine turbulente Walzenströmung erreicht. Eine Trennung des Wassers von den Verunreinigungen erfolgt in Kammern. In der Entgasungskammer führen Luftblasen einen Teil der Verunreinigung mit an die Oberfläche. Von hier wird der Schlamm über ein Druckluftrohr in die Belebungskammern zurückgeführt. Das in die Nachklärkammer gelangende Wasser steigt nach oben und fließt über zwei Ablaufeinrichtungen in die Desinfektionskammer. In der Nachklärkammer erfolgt die durch das Fällungsmittel unterstützte Trennung des Wassers von den Verunreinigungen. Der überwiegende Teil sinkt nach unten und rutscht hier in den Bereich, aus dem er durch die Wirkung der Walzenströmung in die Belebungskammer zurückgeführt wird. Voraussetzung für die effektive Trennung ist, daß die nach oben gerichtete Wassergeschwindigkeit in der Nachklärkammer kleiner ist als die Sinkgeschwindigkeit der Verunreinigungen. An der Überlaufkante der Ablaufeinrichtung entspricht das Wasser diesen Anforderungen. Die geringe Menge Schlamm, die trotz dieser Maßnahmen in der Nachklärkammer an die Wasseroberfläche gelangt, hat auf Grund einer zweckmäßigen Ausbildung der Ablaufeinrichtung keine Verbindung zur Überlaufkante. Sie wird mit Hilfe der Druckluftpumpe, die an einen dafür vorgesehenen Teil der Ablaufeinrichtung angeschlossen ist, abgesaugt und ebenfalls in die Belebungskammer zurückgeführt. Die noch notwendige Desinfektion des Wassers erfolgt in einer Kammer, in die eine Dosiereinrichtung Natriumhypochloritlösung fördert. Von hier wird auch das gereinigte und entkeimte Abwasser über Bord gepumpt.
Die für die KAREA/SF65 z.B. im Vergleich zur Schiffsabwasserbehandlungsanlage Typ KAMR1,5 S50, die als biologische Anlage arbeitet und ebenfalls im VEB Kombinat Schiffbau entwickelt worden ist, charakteristischen Funktionsmerkmale sind
1. die kombinierte biologisch-chemische Reinigung,
2. die chargenweise Zu- und Abführung des Abwassers.

Die chargenweise Zu- und Abführung des Abwassers unterstützt besonders die Nachklärung und garantiert eine Einwirkung des Desinfektionsmittels auf das bereits gereinigte Abwasser von durchschnittlich 30 min. Voraussetzung für diese Betriebsweise ist u. a. eine relativ große Förderleistung der externen Zubringerpumpe. Im vorliegenden Fall läuft die Pumpe immer nur zwei bis drei Minuten. Wenn das dabei aus den Nachklärkammern in die Desinfektionskammer strömende Wasser den oberen Schwimmerschalter erreicht hat, wird die Pumpe abgeschaltet.
In den nächsten zwölf Minuten wird im wesentlichen zeitabhängig folgendes ausgelöst:
- Belüftung der Entgasungskammer
- Zuführung des Fällungsmittels und des ersten Teils des Desinfektionsmittels
- Abzug von Schwimmschlamm von der Oberfläche der Nachklärkammern
- Förderung etwa eines Drittels des Desinfektionskammerinhalts (650 l) über Bord
- Zuführung des zweiten Teils des Desinfektionsmittels.

Bei Stillstand der Überbordpumpe läuft die Zubringerpumpe wieder an, und der Zyklus beginnt erneut. Nach einer bestimmten Anzahl von Zyklen, die durch das Steuerprogramm festgelegt wird, erfolgt eine Unterbrechung des bisher geschilderten normalen Betriebsablaufs. Dann wird ein Teil des Aktivschlamms aus der Anlage abgepumpt. Das abgepumpte Volumen beträgt etwa 1 % der durchgesetzten Wassermenge. Die konstruktive Ausführung der Anlage entspricht den Vorschriften der DSRK. Die DSRK beaufsichtigte auch die Leistungsprüfungen, die in Anlehnung an die IMO-Resolution MEPC.2 (VI) durchgeführt wurden. Der Prüfort war der Prüfstand für Abwasserbehandlungsanlagen des VEB Kombinat Schiffbau Rostock. Das zur Prüfung benötigte Abwasser wurde dem öffentlichen Abwassernetz entnommen und ggf. Primärschlamm hinzugefügt. Hersteller der Anlage ist der VEB Abwasserbehandlungsanlagen Merseburg. Die Anlage ist vom Ministerium für Gesundheitswesen der UdSSR zugelassen.

Leistungsdaten der KAREA/SF 65:

Kapazität 65 m^3

Desinfektionszeit 30 min.

An Chemikalien werden benötigt:

- Fällungsmittel $Al_2(SO_4)_3$ 100 g/m^3 (als Lösung von $Al_2(SO_4)_3 \times 18\ H_2O$ mit einer Dichte von 1,12 g/cm^3)
- Desinfektionsmittel $NaOCl_2$ 500 ml/m^3.

Tafel 1 Vergleich der Wirksamkeit einer biologisch-chemischen mit einer rein biologischen Reinigung bei Einsatz der Abwasserbehandlungsanlage Typ KAREA/SF 65 (geometrische Mittelwerte)

	Biologisch-chemische Reinigung				Biologische Reinigung			
	Zulauf-wasser	Ablauf-wasser	Abbau mg/l	%	Zulauf-wasser	Ablauf-wasser	Abbau mg/l	%
abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	337	26,5	310,2	92,1	242	97	145	59,9
BSB_5 (mg/l)	210	9,11	200,9	95,7	205,6	23,3	182,3	88,7

Bild 1 Funktionsschema

1 – Reaktionskammer, 2 – Entgasungskammer, 3 – Nachklärkammer, 4 – Desinfektionskammer, 5 – Ablaufeinrichtung, 6 – Schaumstoffbelüfter, 7 – Druckluftrohr für Entgasungskammerbelüftung, 8 – Verbindungsschlauch für Schwimmschlammabzug, 9 – Leitbleche, 10 – Pumpensumpf (Reaktionskammer), 11 – Pumpensumpf (Desinfektionskammer), 16 – Deckel, 23 – Zulaufanschluß, SS1, SS2, SS3 – Schwimmerschalter,

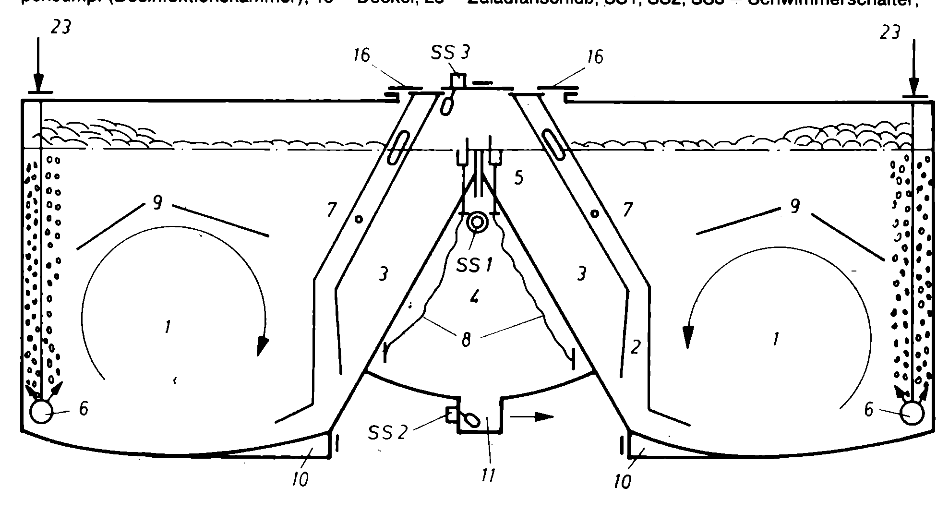
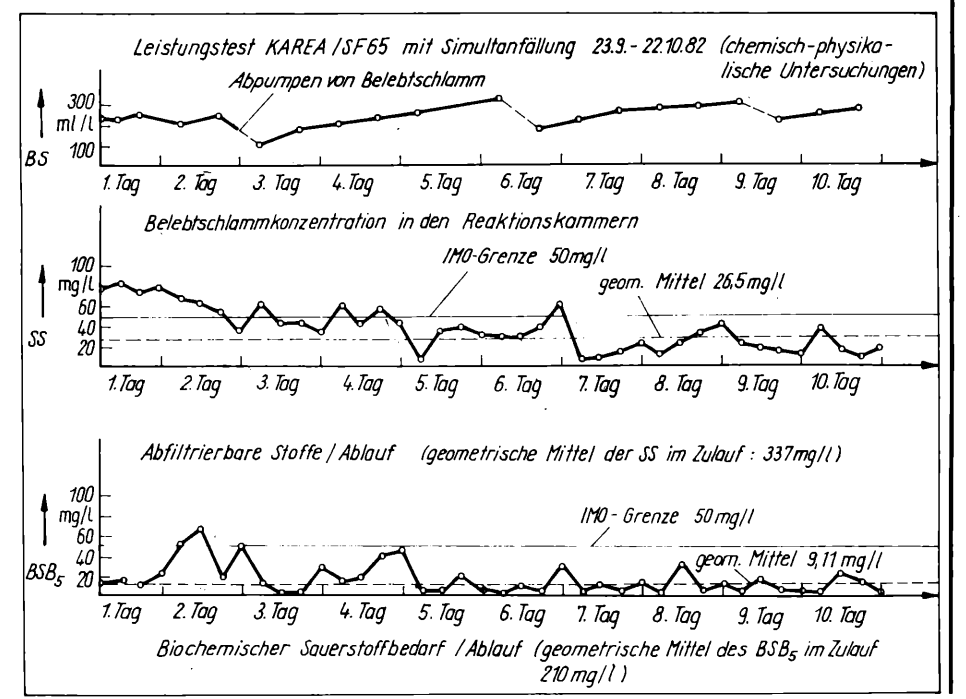


Bild 2 Biologisch-chemische Reinigung





Bücher

Zum mechanischen Verhalten poröser Gesteine bei innerer und äußerer Beanspruchung

Freiberger Forschungsheft A 692

Dr.-Ing. Braun, Roland

Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1984, 75 S., 26 Bilder, 7 Tab.

Der Autor stellt allgemeine Zusammenhänge des Verhaltens poröser Materialien dar. Nach einer Erfassung der bisher bekannten Ergebnisse zum belastungsabhängigen Gesteinsverhalten werden analytische Beziehungen eingeführt und theoretische Modellvorstellungen auf der Grundlage von Elastizitätsgesetzen geschaffen. Weiterhin behandelt der Autor einige Grundlagen der mathematischen Formulierung nichtlinearer Deformationen granular-poröser Gesteine. Dies bildet dann wiederum die Voraussetzung für Experimente und eine letztlich weitgehende praktische Anwendbarkeit der Ergebnisse. Die mit der Publikation vermittelten Erkenntnisse werden u. a. bei der Nutzung von Aquiferen von Bedeutung sein. *Langmaack*

Strömung durch Rohre und Ventile – Tabellen und Berechnungsverfahren zur Dimensionierung von Rohrleitungssystemen

Zoebl, H.; Kruschik, J.

Springer-Verlag Wien–New York 1982, 327 S., 170 Abb., 28 Tab.

Das Buch ist für Studierende und Fachleute geschrieben, die strömungstechnische Probleme der verschiedenen technischen Bereiche der Wirtschaft zu lösen haben, so u. a. in der Wasserwirtschaft, im Maschinenbau, in der Verfahrenstechnik, im Fahrzeugbau, in der Klima-, Lüftungs- und Heizungstechnik, Probleme der instationären und quasistationären Strömung werden besonders ausführlich behandelt. Darüber hinaus geben die Verfasser Hinweise für die Auswahl des Berechnungsverfahrens, das zur Darstellung eines in der Praxis vorliegenden Strömungsvorganges am zweckmäßigsten ist. Das Buch berücksichtigt den aktuellen Erkenntnis- und Wissensstand (88 Literaturquellen). Gesondert wird der Zusammenhang zwischen dem Internationalen Einheitensystem und dem ungültigen Technischen Meßsystem dargestellt, was die gleichzeitige Benutzung älterer Literaturquellen erleichtert. Ein Verzeichnis der wichtigsten Medien und ein Sachverzeichnis am Schluß des Buches gestatten eine schnelle Orientierung. *Langmaack*



Standards

Zum Standard TGL 24351 „Chemische Krautung"

Mit Wirkung vom 26. April 1984 ist eine neue Fassung des Standards TGL 24351 „Oberflächengewässer; Chemische Krautung" mit den Blättern /01 „Allgemeine Forderungen" und /02 „Arbeitsdurchführung" verbindlich.

Die Überarbeitung ist ein gemeinsames Werk der im Arbeitskreis „Chemische Entkrautung" des Fachausschusses „Landwirtschaftlicher Wasserbau" im Fachverband Wasser der KDT unter der Leitung des Instituts für Wasserwirtschaft mitwirkenden Wasserwirtschaftsdirektionen (WWD) und Meliorationsgenossenschaften (MG).

Gegenüber vorangegangenen Fassungen, die vor allem neue Forschungsergebnisse zur Verfahrensgestaltung berücksichtigen, trat bei dieser Neufassung die Verbesserung des Umweltschutzes in den Vordergrund.

Zu Blatt /01

Der bisher geltende Begriff „Chemische Entkrautung" wurde in Übereinstimmung mit den für andere Verfahren der Krautung geltenden Sprachregelungen durch „Chemische Krautung" ersetzt.
In der Definition des Verfahrens wurde die Chemische Krautung – den Notwendigkeiten zur Erhaltung der Umwelt entsprechend – auf die „Hemmung bzw. Bekämpfung des die Gewässerfunktion störenden Pflanzenwuchses ..." eingeschränkt. Weiterhin wird festgelegt, daß der Einsatz der Chemischen Krautung nicht zu einer Störung des Gewässerökosystems führen darf. Die Nutzung des Wassers und der Gewässer darf nicht beeinträchtigt werden. Bedrohte Tier- und Pflanzenarten im und am Gewässer sind zu schonen. In Übereinstimmung mit dem Wassergesetz (WG) orientieren diese Formulierungen auf die größtmögliche Schonung der Tier- und Pflanzenbestände, ohne daß das Gewässer seine Funktionsfähigkeit einbüßt.

Die auf die Erhaltung der Pflanzen und der Lebensräume der sie bewohnenden Fauna gerichteten Festlegungen werden ergänzt durch solche, die eine Einschränkung und Kontrolle des mit der Verbreitung von Chemikalien in und an Gewässern verbundenen Verfahrens sichern. Entsprechend wird die Anwendung der Chemischen Krautung auf Standorte eingeschränkt, an denen mechanische oder biologische Verfahren nicht ökonomisch anwendbar sind. Die Kombination der Verfahren wird empfohlen. Die Chemische Krautung wird weiterhin als „eine die Wasserbeschaffenheit beeinflussende Maßnahme" gemäß § 17 Abs. 1 des WG definiert, woraus sich die notwendige Entscheidung über die Genehmigungspflicht durch die Staatliche Gewässeraufsicht (SGA) ableitet.

Die Gewässerinstandhaltungspflichtigen haben, sofern sie eine Chemische Krautung beabsichtigen, einen entsprechenden Antrag (mit Angaben zu den Gewässerstrecken, den anzuwendenen Herbiziden, ihren Aufwandmengen und der beabsichtigten Behandlungshäufigkeit) an die jeweils zuständige SGA zu richten. Die für die Chemische Krautung zugelassenen Herbizide und Hemmstoffe wurden auch bisher streng nach gewässertoxikologischen Gesichtspunkten mit dem Ziel minimaler Folgewirkungen ausgewählt. Deshalb waren weitere bedeutsame Einschränkungen in diesem Sinne nicht erforderlich. Lediglich die Anwendung von Gramoxone und Reglone wurden auf Ausnahmefälle mit besonderer Genehmigung begrenzt. Selest 100 wurde aus dem Standard gestrichen.
Um dem Praktiker eine weitere Wahlmöglichkeit nach gewässertoxikologischen Gesichtspunkten zu eröffnen, werden die Daten der Fisch- und Algentoxizität für jedes der Chemischen Krautung dienende Präparat im Standard wiedergegeben. Auf dieser Grundlage ist es möglich, aus den zugelassenen Herbiziden nochmals diejenigen zu wählen, die der Art des zu behandelnden Gewässers angemessen erscheinen.
Beispielsweise wird für einen industriellen Kühlteich ein Herbizid mit dem Sicherheitsfaktor 16 gegen Giftwirkungen bei Fischen (Azaplant-Kombi) genügen, während für die Behandlung eines biologisch aktiven Gewässers besser Präparate mit Sicherheitsfaktoren zwischen 300 und 7000 zu wählen sind.
Für die anschließende Nutzung behandelter Böschungen zur Futtergewinnung oder für die Schafhutung als biologische Verfahren der Gewässerinstandhaltung werden die notwendigen Karenzzeiten zur Chemischen Krautung angeführt.

Gegen die emersen Verkrautungspflanzen der Sohle kann SYS 67 OMNIDEL allein oder in Kombination mit Wuchsstoffherbiziden sowie diese in zusätzlicher Kombination mit Azaplant-Kombi bzw. Azaplant-Kombi 85 eingesetzt werden. Die Wirkungsspektren der Präparate erlauben bei richtiger Wahl der Mittel gemäß Bekämpfbarkeitstabelle eine ausreichende Minderung des Wuchses aller häufigen emersen Arten an Gewässern. Geschützte Arten wurden aus dieser Tabelle gestrichen. Behandlungen zur Bekämpfung emerser Pflanzen sollten nur gegen dichte, mindestens 20 cm über den Wasserspiegel ragende Bestände ausgeführt werden. Unter diesen Bedingungen wird eine nachhaltige Ausdünnung der Bestände erzielt und gesichert, daß nur ein geringer Teil der Präparate das Wasser erreicht.

In ablaßbaren Teichen, und sinngemäß gilt dies z. B. auch für Flachlandspeicher, können störende Verkrautungen vorbeugend mit Simazin 50 SP oder Yrodazin – auf die trockene Gewässersohle appliziert – bekämpft werden. Je nach den Bodenverhältnissen, die eine unterschiedliche Freisetzung der Wirkstoffe in das freie Wasser bedingen, sind im Interesse nachfolgender Nutzungen jeweils nur Teilflächen zu behandeln.

Die chemische Bekämpfung von Unterwasserpflanzen mit Gramoxone und Reglone ist in Gewässern, die auch eine landeskulturelle Funktion haben, nur in Ausnahmefällen erlaubt. Solche Fälle könnten eintreten, wenn z. B. an mechanisch nicht zu krautenden Gewässern ein Entfernen der Unterwasserpflanzen erforderlich ist, um Nässeschäden oder Überflutungen abzuwenden. Die Einschränkungen für dieses Verfahren ergeben sich dabei sowohl aus der unvermeidbaren Kontamination des Wasserkörpers als auch aus den Sauerstoffzehrungen, die als Sekundärfolge der Behandlungen regelmäßig eintreten.

Für die chemische Böschungspflege stehen zwei Mittel zur Hemmung von Gräsern, das SYS 67 OMNIDEL und das Malzid sowie Malzid combi, zur Verfügung. Sie sind je nach der Stärke des entsprechend den Standortbedingungen zu erwartenden Graswuchses in abgestuften Aufwandmengen einzusetzen.

Da sich nach dem Einsatz der Grashemmer durch die eingeschränkte Konkurrenz der Gräser sehr leicht Kräuterbestände bilden, sind im allgemeinen zur zweiten Behandlung Wuchsstoffherbizide anzuwenden. Im Malzid combi ist der Wuchsstoff 2,4-D bereits enthalten. Für die beiden anderen Präparate sind die Mischungspartner gesondert angeführt. Auch ihre Aufwandmengen können gestaffelt werden. Das gilt nicht für Selest. Dieses Mittel sollte auf Grund seiner ungünstigen toxikologischen Daten möglichst wenig in unmittelbarer Gewässernähe eingesetzt werden. Es hat aber eine gute Wirkung gegen holzige Pflanzen und ist für diese Spezialfälle schwer ersetzbar.

Die chemische Gehölzbeseitigung richtet sich gegen unerwünschten natürlichen Gehölzanflug und den Neuaufwuchs nach Holzung. Dem Neuaufwuchs kann vorgebeugt werden, indem die Stöcke der geholzten Bäume mit Selest bepinselt werden. Dieses Verfahren ist bei sorgfältiger Anwendung im Sinne des Gewässerschutzes zu bevorzugen, weil es ohne flächenhafte Kontamination einsetzbar ist.
Die chemische Totalkrautung entspricht der Totalbekämpfung, wie sie vor allem in der Industrie und im Transportwesen üblich ist. Sie wird z. B. im Bereich von Talsperren, auf Schotterflächen, in Klärwerken, an Wehren und anderen wasserwirtschaftlichen Anlagen eingesetzt, um dauerhaft und mit geringem Aufwand die für die Funktion oder Erhaltung der Bauwerke und Anlagen erforderliche Pflanzenfreiheit zu bewirken. Im Interesse des Gewässerschutzes wurden jedoch nur einige Präparate mit geringeren Giftwirkungen ausgewählt.

Blatt /02 – Arbeitsdurchführung

In das Blatt /02 wurde die Beschreibung eines „Qualitätssicherungssystems" neu aufgenommen. In diesem Teil werden die organisatorischen und technischen Voraussetzungen für die sorgfältige und fachgerechte Ausführung der Chemischen Krautung gemeinsam für alle vier Teilverfahren beschrieben.
Dieser Abschnitt enthält die Erfahrungen aus fortgeschrittenen Betrieben und wurde federführend von der MG Zossen erarbeitet. In Stichworten werden alle erforderlichen Maßnahmen, mit deren Hilfe sowohl die exakte Arbeit als auch der Schutz der Gewässer vor vermeidbaren Beeinträchtigungen der Wasserqualität möglich ist, angeführt.

Für die optimalen Behandlungszeiträume ergeben sich lediglich durch die Kombination chemisch-biologisch neue Gesichtspunkte. Beweidung oder Futternutzung ist erst nach Ablauf der Karenzzeiten, die in Blatt /01, Tabelle 1, wiedergegeben sind, möglich.
In den Abschnitt Applikationstechnik wurden Informationen über die verfügbare Technik aufgenommen.
Die Vorschriften zur Reinigung von Spritzmaschinen wurden im Interesse des Gewässerschutzes und unter Berücksichtigung der Entwicklung der technischen Möglichkeiten verschärft. In der Regel sind die Anlagen der ACZ für die Wäsche und die Aufbereitung der Waschwässer zu nutzen.

Zusammenfassung

Seit dem 26. April 1984 ist eine Neufassung des Standards TGL 24351 „Oberflächengewässer; Chemische Krautung" verbindlich. Sie ersetzt den bisher unter dem Begriff „Chemische Entkrautung" bekannten Standard. Die Überarbeitung betrifft besonders den Schutz der Gewässerökosysteme, bedrohter Arten und der Wassergüte beim Einsatz des Verfahrens. Als Mittel zur Durchsetzung dieser Forderungen dienen Regelungen zur Genehmigungspflicht, Einschränkungen der Einsatzgebiete der Chemischen Krautung, einige Veränderungen im festgelegten Wirkstoffsortiment, das neu aufgenommene „Qualitätssicherungssystem" und Festlegungen zur Beseitigung von Waschwässern und Restbrühen.

Schmaland/Manzke/Kramer



Obering.
Harry Brunnckow,
Direktor des BT Stralsund des VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle

Als der Lehrling *Harry Brunnckow* das erste Mal zu Maurerkelle und Wasserwaage griff, befand sich unser Land in einer scheinbar ausweglosen Situation. Der faschistische Raubkrieg hatte Millionen Menschen das Leben gekostet und unermeßlichen Schaden angerichtet. Ganze Städte und Fabriken waren in Schutt und Asche gelegt worden. Begreiflicherweise wurde jede Hand gebraucht, um die Trümmer zu beseitigen und Neues aufzubauen. Maurer war in dieser Zeit ein besonders geachteter, weil äußerst notwendiger Beruf, und das mag wohl auch die Familie *Brunnckow* bewogen haben, ihren Sohn dieses Handwerk erlernen zu lassen.
Und der junge Mann lernte gut. Bereits nach eineinhalb Jahren schloß er die Lehre erfolgreich ab und wurde Maurer bei der Wismut. Beim Neuaufbau Oberschlemas war er Brigadier. In den Jahren darauf stellte er im Norden sein fachliches Können unter Beweis. Vom Wohnungsbau in Rostock über die Wismarer Werft bis zum Aufbau des seinerzeit bekannten Dorfes Gingst führte seine „Spur der Steine".
Bald schon wurde *Harry Brunnckow* von seinen Vorgesetzten in die Kategorie der „Durchreißer" eingeordnet und folgerichtig dazu auserkoren, an der Fachschule zu studieren. Das einjährige sogenannte Vorsemester beendete er schon nach sechs Monaten, nach drei Semestern bestand er die Technikerprüfung, nach sechs Semestern die Ingenieurprüfung. Dann begann der frischgebakkene Absolvent als Statiker beim VEB Industrieprojektierung Berlin. Als *Harry Brunnckow* den Auftrag erhielt, am Jugendobjekt Trattendorf mitzuwirken, hatte er erstmals Tuchfühlung mit der Wasserwirtschaft.
Seine Aufgabe: Projektierung des Wasserwerkes! Irgendwie muß ihn das auf den Geschmack gebracht haben; denn im September 1954 begann er als Statiker im VEB (Z) Wasserwirtschaft Peene, ein Schritt, den er bis heute nicht bereut hat. Denn von Anfang an faszinierte den begabten Ingenieur eines an unserem Wirtschaftszweig: Hier ist Vielseitigkeit gefragt, Fachwissen sowohl in der Technologie, im Bauwesen als auch in der Wasserwirtschaft selbst.
In den 60er Jahren hatte unsere Partei u. a. das Ziel „Beseitigung der Unterschiede zwischen Stadt und Land" auf ihre Fahnen geschrieben. Für den rückständigen Norden mit seinen abgeschiedenen Dörfern hieß das vor allem, die Bereitstellung von Trinkwasser zu sichern.
Viele Wasserwerke wurden gebraucht. Die Stein-auf-Stein-Methode wäre da wenig erfolgverheißend gewesen. *Harry Brunnckow* und seine Kollegen erdachten die produktive Mastenbauweise und realisierten sie mit großem Erfolg in der Praxis. Wie Pilze schossen überall kleine Wasserwerke aus der Erde.
Andere bedeutende Objekte und Vorhaben, die auch die Handschrift *Harry Brunnckows* tragen, sind der Peene-Süd-Kanal, Küstenschutzmaßnahmen auf Rügen, Usedom, dem Fischland, dem Darß, Flußbauten an Peene und Trebel, der Kleinspeicher Prohn und die Talsperre Farpen sowie der Güllespeicher Loosten.
Auch bei den großen Jugendobjekten im Norden unserer Republik griff der Ingenieur von der Waterkant aktiv ins Geschehen ein – bei der Friedländer Wiese zum Beispiel, als interdisziplinäre Projektantenkollektive gebildet wurden, um das gewaltige Meliorationsvorhaben in die Tat umzusetzen. Im kalten Vereinssaal eines Landgasthofes wurden damals mit klammen Fingern Zeichnungen auf wackligen Klapptischen angefertigt ... Persönliche Erinnerungen, die angetan sind, die Größe dessen zu verdeutlichen, was in 35 Jahren DDR dank des Einsatzwillens solcher Menschen wie *Harry Brunnckow* geschaffen worden ist.
Stets war der Genosse *Brunnckow* bereit, Aufträge, die ihm die Partei erteilte, in Ehren zu erfüllen, auch wenn das mitunter persönliche Opfer erforderte, Trennung von der Familie, Arbeit unter schwersten Bedingungen, Campieren in Wohnlagern und Zelten. *Harry Brunnckow* hat sich nie gescheut, so etwas auf sich zu nehmen. So übertrug man ihm eine leitende Funktion beim Kampf gegen die Hochwasser der Peene (1970) und der Theiß. In beiden Fällen wurde er mit Medaillen für vorbildlichen Einsatz bei der Bekämpfung von Katastrophen ausgezeichnet. Gegenwärtig macht sich der 53jährige Träger des Ordens „Banner der Arbeit", Stufe III, mit seinen Kollektiven u. a. darum verdient, daß der VEB Kombinat Wassertechnik einen wachsenden Beitrag zur Steigerung der Exportkraft der DDR-Volkswirtschaft leisten kann.

Frank Zimnol



Tagungen

Wissenschaftliche Studentenkonferenz zum Thema Rationelle Wassernutzung im Oberen Elbtal an der Technischen Universität Dresden

Am 3. Mai 1985 fand im Rahmen von FDJ-Studententagen eine wissenschaftliche Studentenkonferenz „Sozialismus und Umwelt – Rationelle Wassernutzung im Oberen Elbtal" statt. Über 100 Zuhörer waren der Einladung der FDJ-Leitung der Sektion Wasserwesen gefolgt, darunter führende Vertreter der TU, Praxispartner sowie zahlreiche Studenten. Dem interdisziplinären Charakter der Aufgabenstellung entsprechend berichteten Studenten, Forschungsstudenten, und junge Wissenschaftler der am Jugendobjekt beteiligten Sektionen Wasserwesen, Physik, Chemie, Marxismus-Leninismus und Verfahrenstechnik über ihre Arbeitsergebnisse. Thematische Schwerpunkte waren

- der Stoffhaushalt der Elbe,
- die Behandlung von Zellstoffabwässern,
- die Wertstoffrückgewinnung,
- die Röntgenfluoreszenzanalyse zur Bestimmung von Schwermetallgehalten,
- die wasserwirtschaftliche Prozeßanalyse sowie
- gesellschaftspolitische Aspekte der sozialistischen Umweltgestaltung.

Die wissenschaftliche Studentenkonferenz stand im Zusammenhang mit einer Leistungsschau, die am 29. April 1985 eröffnet wurde. Ergänzend zum dort vorgestellten Jugendobjekt wurde auf Teilthemen und besondere fachübergreifende Zusammenhänge eingegangen. Die Ergebnisse des Jugendobjektes unter wissenschaftlicher Betreuung von Prof. Dr. sc. techn. *H. Löffler* und Hochschullehrern aus den beteiligten Sektionen bilden eine Entscheidungshilfe für wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Raum Dresden.

Dipl.-Ing. *Reinhard Pohl*

Vorankündigung

Der Fachunterausschuß Tagebauentwässerung im Fachausschuß Geotechnik veranstaltet die

10. Fachtagung „Tagebauentwässerung"

am 23. Oktober 1985 in Leipzig, Leipzig-Information, Sachsenplatz 1, mit den Schwerpunkten

– Planung/Projektierung,
– Informationen zu neuen Technologien,
– Nutzung der Tagebauwässer.

Auskünfte erteilen: FUA Tagebauentwässerung, Koll. *Haferkorn*, Tel. Leipzig 8 84 50, WTG Energiewirtschaft, Koll. *Loock*, Tel. Berlin 2 20 25 31.



Informationen

Festveranstaltung des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft

Anläßlich des 40. Jahrestages des Sieges über den Hitlerfaschismus und der Befreiung des deutschen Volkes fand am 25. April 1985 im Haus der Sowjetischen Wissenschaft und Kultur in der Hauptstadt der DDR, Berlin, eine Festveranstaltung des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft statt. Werktätige und Veteranen wasserwirtschaftlicher Betriebe und Einrichtungen begrüßten als Gäste den Stellvertreter des Ministers für Meliorationen und Wasserwirtschaft der UdSSR, *Wassili Jermolenko*, den Gesandten der Botschaft der UdSSR in der DDR, Botschaftsrat *Valentin Koptelzew*, und den Stellvertreter des Oberkommandierenden der Gruppe der sowjetischen Streitkräfte in Deutschland, Generalmajor *Wolkow*.

Der Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrates und Minister für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Dr. *Hans Reichelt*, würdigte in einer Rede die weltgeschichtliche Bedeutung der Befreiungstat der Sowjetunion und ihrer ruhmreichen Armee als Hauptkraft der Antihitlerkoalition. Dafür gebühre den Helden des Großen Vaterländischen Krieges, den Soldaten der Sowjetunion, ewiger Dank; denn vor allem sie waren es, die auch für die Befreiung des deutschen Volkes ihr Leben gaben.

Der Minister ging auf die Zusammenarbeit zwischen den Völkern der UdSSR und der DDR auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft und des Umweltschutzes ein. Ein Beispiel aus jüngster Zeit ist die Kläranlage Berlin-Nord, auf der sowjetische Technologien und Ausrüstungen zum Einsatz kommen.

Generalmajor *Wolkow* unterstrich die Bedeutung der von der UdSSR kürzlich vorgeschlagenen Friedensinitiativen. Mit ihnen hat die Sowjetunion wiederum ihren festen Willen bekundet, in Genf zu ernsthaften Verhandlungsergebnissen zu kommen. Die USA sollten diese Chance für die Sicherung des Friedens nicht erneut ausschlagen, sondern positiv reagieren.

An die schweren Tage des Neubeginns nach dem 8. Mai 1945 erinnerte der Parteiveteran *Herrmann Fräger*. Er war einer der Aktivisten der ersten Stunde und vor allem an der Behebung von Wasserleitungsschäden beteiligt. Auf verschiedene Weise half die Rote Armee tatkräftig mit, die Berliner Trinkwasserversorgung schnellstmöglich wieder betriebsfähig zu machen.

Wassili Jermolenko ging ausführlich auf das Oktober-Plenum 1984 des ZK der KPdSU ein, auf dem ein langfristiges Programm der Meliorationen und der Erweiterung der be- und entwässerten Flächen mit dem Ziel eines stabilen Zuwachses der Lebensmittelfonds verabschiedet wurde.

Die Festveranstaltung klang mit einem mitreißenden Kulturprogramm eines sowjetischen Gesangs- und Tanzensembles aus.

Minister Dr. Reichelt und sowjetische Gäste der Festveranstaltung beim Rundgang durch die Ausstellung im Foyer des Hauses der Sowjetischen Wissenschaft und Kultur.





Bücher

Im VEB Verlag für Bauwesen erscheinen im Juli 1985 voraussichtlich folgende Titel:

Autorenkollektiv
Schweißen im Bauwesen
Technische Grundlagen
Herausgeber: *Erhard/Röbenack/Römer*
1. Aufl., etwa 150 S., 41 Zeichn., 79 Taf., L. 6, Broschur, etwa 15,– M., Ausl. etwa 22,– M. Bestellangaben: 562 036 9, AK, Schweißen Gr.

Focke, G.; und Autorenkollektiv
Vermessungsarbeiten
Band 2 – Lehrbuch
1. Aufl., 244 S., 35 Fotos, 195 Zeichn., 43 Taf., L. 6 N, Pappbd., 10,– M., Bestellangaben: 562 059 6, Focke, Vermess. Arb.

Krause, C.
Das Zeichnen des Architekten
Herausgeber: Bauakad. der DDR, Institut für Städtebau und Architektur,
3. unveränd. Aufl., 224 S., 271 Zeichn. Bestellang.: 561 932 5, Krause, Zeichnen

Petrahn, G.
Vermessungsarbeiten
Band 1 – Lehrbuch
1. Aufl., 268 S., 70 Fotos, 322 Zeichn., 39 Tab., L. 6 N, Pappbd., Inland 11,80 M, Ausland 18,– M., Bestellangaben: 561 952 8 Petrahn, Vermessungsarb. 1

Preißler, G., Bollrich, G.
Technische Hydromechanik
Band 1, 2., stark bearb. Aufl. 552 S., 375 Zeichn., 62 Taf., L. 7, Pappbd. 40,– M, Ausland etwa 78,– M., Bestellangaben: 562 234 8, Preißler, Hydromechanik

Thürer, K.-H.
Technologische Grundlagen der technischen Gebäudeausrüstung – Lehrbuch
3., stark bearb. Aufl., 240 S., 7 Fotos, 271 Zeichn., 66 Tab., L. 6 N, Pappb. 10,40 M, Bestellang. 562 167 9, Thürer, Grdl. TGA

ISSN 0043-0986 | Wasserwirtschaft – Wassertechnik | Berlin | 35 (1985) 5 | S. 97–120